تقنيات الخرسانة

CONCRETE TECHNOLOGY

الاستاذ
محمد عبد الله الدرايسة

الاستاذ
عدلي محمد عبد الهادي

مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع



"قل هذه سبيلي أدعوا إلى الله على بصيرة أنا ومن اتبعني وسبحان الله وما أنا من المشركين"

صدق الله العظيم

(يوسف 108)

تقنيات الخرسانة

تقنيات الخرسانة

تأليف

الأستاذ
محمد عبد الله الدرايسة

الأستاذ
عدلي محمد عبد الهادي

الطبعة الأولى

2012م – 1433هـ

مكتبة المجتمع العربي

مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع

رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية (2011/5/1751)

624.183

الدرايسة، محمد عبد الله

تكنولوجيا الخرسانة/ محمد عبد الله الدرايسة، عدلي محمد عبد الهادي.- عمان: مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع، 2011

(   ) ص

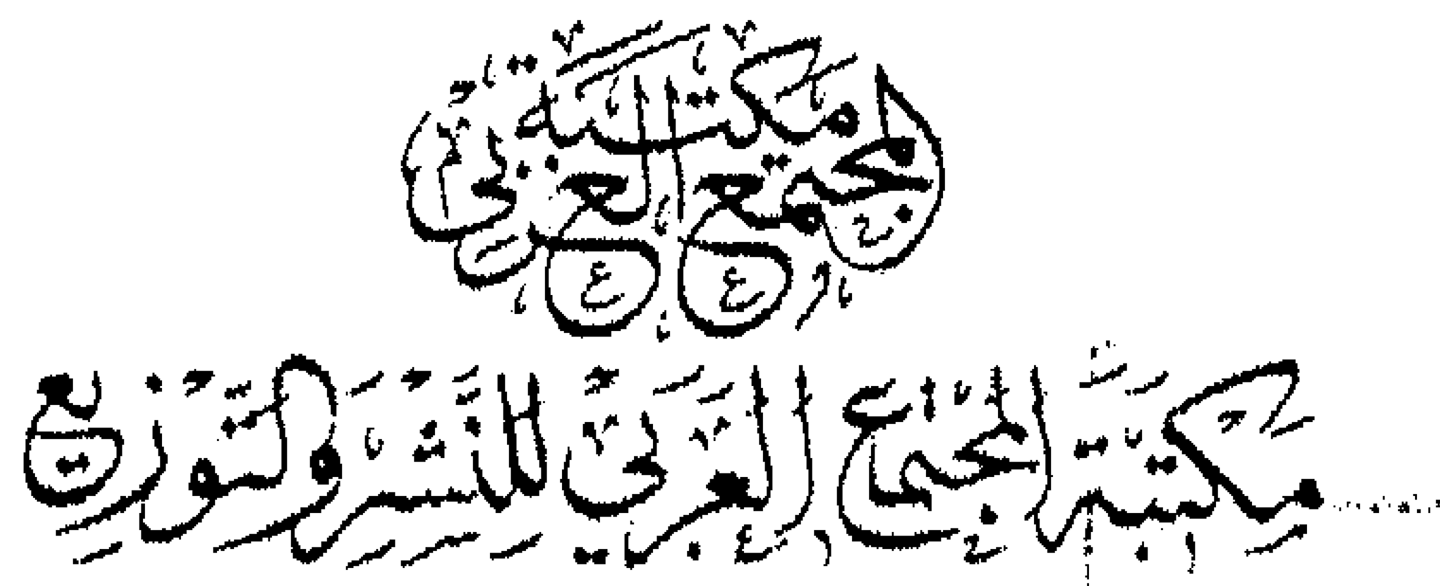
ر.أ. : 2011/5/1751

الواصفات: /الخرسانة //خلاطات الخرسانة

- يتحمل المؤلف كامل المسؤولية القانونية عن محتوى مصنفه ولا يعبر هذا المصنف عن رأي دائرة المكتبة الوطنية أو أي جهة حكومية

الطبعة العربية الأولى

2012 م – 1433 هـ



عمان – وسط البلد – ش. السلط – مجمع الفحيص التجاري

تلفاكس 4632739 ص.ب. 8244 عمان 11121 الأردن

عمان – ش. الملكة رانيا العبد الله – مقابل كلية الزراعة –

مجمع زهدي حصوة التجاري

www: muj-arabi-pub.com

Email: Moj_pub@hotmail.com

ISBN 978-9957-83-060-1 (ردمك)

الإهداء

إلى الأحبة الذين فارقونا إلى روح والدتي وإلى روح شقيقي أحمد تغمدهما الله برحمته أقدم هذا الكتاب.

اللهم ارحمهما وادخلهما فسيح جناتك واجعل قبرهما روضة من رياض الجنة وأبدلهما أهلا خيرا من أهلهما ودارا خيرا من دارهما وتجاوز عن سيئاتهما وزد اللهم من حسناتهما. اللهم يمن كتابهما ويسر حسابهما ولين ترابهما وثبت أقدامهما وألهمهما حسن الجواب .

محمد عبد الله الدرايسة

المحتويات

المقدمة

الحمد لله التي بنعمته تتم الصالحات ويمنه تجاب الدعوات، وأشهد أن لا إله إلا الله وحده لا شريك له يحيي ويميت وهو حي لا يموت وأشهد أن محمدا رسول الله خير نبي اصطفى ولهداية العالمين أرسله صلى الله عليه وعلى آله وصبحه أجمعين.

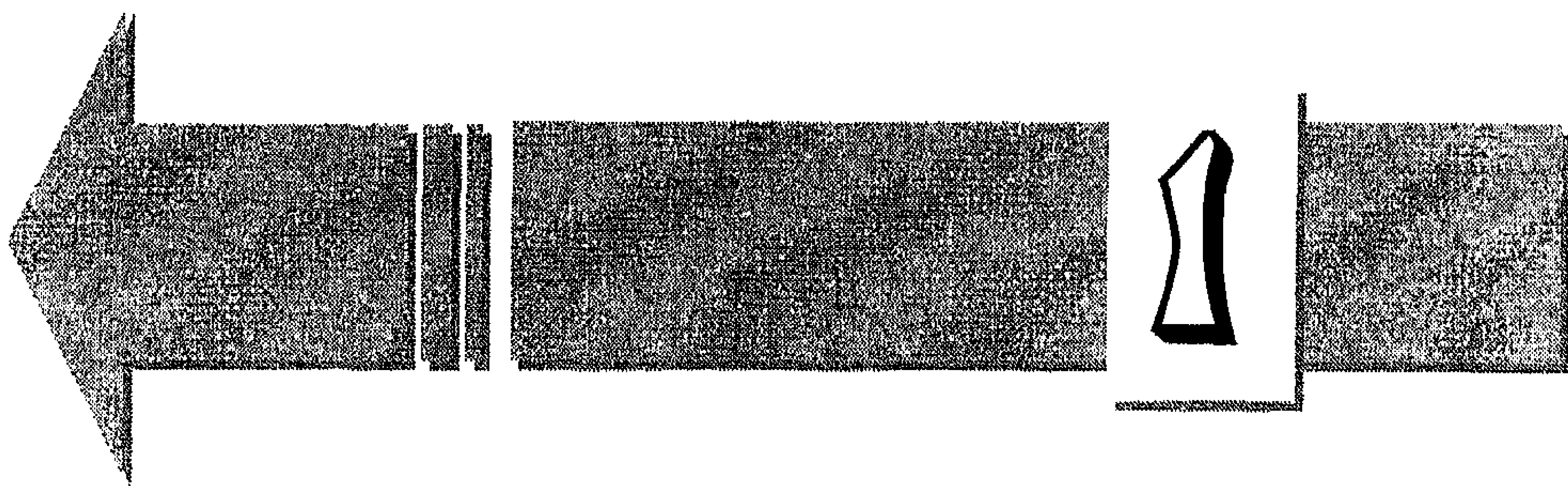
إن من نعم الله سبحانه وتعالى أن حبانا بخامات طبيعة نستمد منها وننضب منها أسس حضارتنا الصناعية المختلفة. ومن نعمه جل علاه أن التكنولوجيا والعلم لا يعرفان الثبات فهما يصنعان التقدم في وقت قصير. ولعل صناعة الإنشاءات ليت بمنأى عن سرعة التطور العلمي والتقني. وأضحت صناعة المنشآت من أشهر الصناعات على سطح الكرة الأرضية، ومن أهم ركائز الصناعات الإنشائية.

إن المنافع الاقتصادية والعلمية المتوفرة في الخرسانة جعلتها تحتل في السنوات الأخيرة مكانة هامة في ازدياد مستمر. إن التوفير في حمولات البناء يمكن أن يصغر من حجم الأساسات وذلك يتم توفير النفقات والوقت. لذا ركزت الدراسات على ابتكار الخرسانة التي تحقق تلك الأهداف.

والخرسانة معروفة منذ قديم الزمان حينما فكر الرومان بإقامة أعمال إنشائية تحت الماء فقاموا باستخدام مادة رابطة مشابهة للخرسانة اسمها Pouzzolane نسبة لقرية بوزولوني قرية فيزيوفير وجد الرماد البركاني لأول مرة. - وتستعمل تسمية الاسمنت البوزوليني إلى يومنا هذا ويعتبر نوع من أنواع الاسمنت. - وقد حدث تدهور كبير في توعية الاسمنت واستمر الأمر حتى القرن الثامن عشر. في هذا القرن توصل الإنسان بالفعل إلى إنتاج مادة بناء أسماها الخرسانة وهي مؤلفة من خليط اصطناعي للركام مع مادة رابطة مائية حيث تتفاعل مع الماء وتشكل رابطا صلبا وتكسب الركام مقاومة جيدة وشكلا ثابت للصفات والخواص تحت تأثير العوامل الخارجية. - وفي سنة 1756م استعمل العالم

الإنجليزي John Smeaton هذا النوع الجديد في إعادة بناء منارة إدستون على ساحل البحر. وتبع هذا الاكتشاف تطور لأنواع أخرى من الاسمنت المائي مثل الذي ابتكره جوزيف باركر وذلك بتكليس عقد الحجر الجيري الطيني.

لقد شهدت المنشات الفنية قفزة نوعية تطورت من خلالها عناصر البناء بظهور نظريات جديدة قامت على إنقاذ نظريات تقليدية بسيطة وذلك بتطويرها وتكييفها مع العنصر المستحدثة حيث لم تكن الأعمال المخبرية إلا وسيلة لإدخال الباحثين المختصين والطلبة في الدراسة المخبرية لتقريبهم بشكل جيد من العمل الميداني وذلك للحصول على مقاييس تقنية خصوصا والاقتصادية عموما لتلك المطلوبة في جميع الأعمال. ومن خلال هذا الكتاب سوف نلقي الضوء على التكنولوجيا الخاصة بالخرسانة محاولين إعطاء معلومات هذه الركيزة الأساسية في صناعة المنشآت المختلفة.



الوحدة الأولى

الإسمنت

الإسمنت

الإسمنت *Cement*:

الاسمنت في الأصل كلمة معربة عن اللاتينية Caementum، ويقصد منها مسحوق الحجارة والرخام التي كان يستخدم رابطاً لأحجار البناء زمن الرومان. ويطلق اسم الاسمنت في اللغات الأوربية على كل رابط عضوي أو غير عضوي كالصمغ والهلام واللدائن والمعجونات وسبائك اللحام والإسفلت والاسمنت المائي.

إلا أن استعمال أنواع الاسمنت المائي في البناء والطرق غدا الأكثر أهمية، وأصبح مصطلح الاسمنت – إذا لم يحدد– يدل على الاسمنت العادي (البورتلندي) خاصة. أما أول مادة رابطة مصنعة عرفها الإنسان منذ القدم فهي الجص (كبريتات الكلسيوم المميّه plaster) والكلس الحيّ (أكسيد الكلسيوم CaO). وكانوا يحصلون على هاتين المادتين من شيّ الجص غير النقي والحجر الكلسي (فحمات الكلسيوم)، وقد استعملهما المصريون القدماء في إقامة منشآتهم الحجرية الضخمة ولاسيما الأهرامات، كما استعملهما الإغريق. وكانت أحجار الأبنية قبل ذلك تبنى من غير رابط، أو يربط بعضها ببعض بالغضار أو الحُمر Bitumen كما في بابل وأغاريت واليونان. واستعمل الرومان الكلس بكثرة في أبنيتهم، وأضافوا إليها خلطات من البزُولان الطبيعي Pouzzolane (وهو رماد بركاني نشط أساسه السليس والألومين وأكسيد الحديد) وأضاف غيرهم مسحوق الآجر ورماد الحطب لإكساب تلك المعجونات قدرة التصلب بالتميُّه والتماسك مع الحجارة المحاطة بها، وحصلوا بهذه الطريقة على رابط مائي اصطلح على تسميته «الاسمنت الروماني» وسماه العرب الملاط التي هو بالفعل وسط بين الكلس الحي والاسمنت المعروف اليوم. وقد مكن ذلك الرابط البنائين من إقامة منشآت ضخمة مقاومة لتأثير الماء كالجسور والمرافئ. وظل يستعمل، إلى جانب المواد الرابطة الأخرى، في جميع بلدان العالم القديم إلى أواخر العصور الوسطى. وفي مطلع القرن الثامن

عشر أدخلت تحسينات كبيرة مكنت من إنتاج أنواع محسنة من الكلس المائي. ففي عام 1756 توصل الإنكليزي سميتون Smeaton إلى إنتاج ملاط يشبه الاسمنت الأسود المعروف شبهاً كبيراً. وفي سنة 1796 حصل جون باركر الإنكليزي على ترخيص لصنع مادة رابطة عن طريق شيّ المَرْل الطبيعي (وهو خليط من الغضار والكلس) ثم طحنه، وقد جاءت هذه المادة مماثلة للاسمنت الروماني في مواصفاتها. وفي عام 1812 باشر الفرنسي لويس فيكا الأول التي برهن فيه عملياً على أن الصفات المائية للمواد الكلسية «الهزيلة» Maigres تنجم عن احتوائها نسبة من الغضار، وأوصى بأن يشوى خليط من الكلس والغضار بنسب ملائمة للحصول على أفضل مواصفات لهذا الرابط. وبذلك عُدّ فيكا مخترع «الأكلاس» المائية الطبيعية والاسمنت الأسود الصنعي في آن واحد. إلا أن الإنكليزي جوزيف أسبدين Joseph Aspdin، وهو بنّاء آجر من ليدز، هو التي أطلق اسم «الاسمنت البورتلندي» على ذلك الرابط المائي التي توصل إليه بتجارب مشابهة، ونال في عام 1824 براءة اختراعه، وسبب هذه التسمية الشبه الكبير في المظهر، التي يبديه هذا الرابط عند تصلبه، مع الحجر الرمادي المنتشر في شبه جزيرة «بُرتْلند» الإنكليزية على بحر المانش، وقد شيد أسبدين أول مصنع لإنتاج هذا الاسمنت بطريقته المبتكرة التي عرفت فيما بعد باسم «الطريقة الرطبة». وتستخدم فيها الأفران البرجية، التي طرأت عليها فيما بعد تحسينات كثيرة.

وفي عام 1825 توصل العالم الروسي ي.غ. تْشيلييف E.Geliev، وحده، إلى اختراع نوع من الاسمنت البورتلاندي مزيج صنعي من الحجر الكلسي والغضار. وقام هذا العالم بتأليف أول كتاب في صناعة الاسمنت تناول فيه تقنية هذه الصناعة والخواص الفيزيائية والكيماوية للاسمنت المنتج. وظل الأمر كذلك إلى أن بين الإنكليزي جونسون Jonson في عام 1845 قواعد صنع الاسمنت البورتلاندي بدقة، ولاسيما اقتراح أسلوب طحن العجيرات nodules المتلبدة عند شيّ الخليط، والتي كانت تؤلف كتلاً صلبة صغيرة لا ينفذ منها الماء ولا تذوب فيه. وأصبح اسم الاسمنت البورتلاندي مقتصراً منذئذ على الاسمنت المنتج من طحن المواد بعد تلبدها. وقد شهدت هذه الحقبة بداية الصناعة الحقيقية

للاسمنت، إذ شيد جونسون المذكور في عام 1851 مصنع يوداليت Yeudalit لإنتاج الاسمنت البورتلاندي(الأسود)، وتوصل إلى رفع درجة الحرارة في أفرانه إلى 1450 درجة مئوية. وأقيم أولُ مصنع للاسمنت البورتلاندي في الولايات المتحدة في عام 1876 على يد ديفيد سايلور. وكان الخليط يشوى في أتونات برجية مشابهة لتلك التي يشوى فيها الكلس. وفي عام 1885 أقام فريدريك رانسوم Frederick Ransome أول فرن دوار يعمل بالطريقة الرطبة. ويعد هذا التاريخ خطوة مهمة في تطور صناعة الاسمنت وانتشارها في العالم، وقد أدخل هذا الاختراع إلى الولايات المتحدة الأمريكية أول مرة عام.1899 وفي أواخر القرن التاسع عشر كذلك درس الفرنسي لوشاتولييه Le Chatelier التركيب الكيماوي لمختلف مركبات الاسمنت. وتابع الأمريكي بوغ Bogue استكمال هذه البحوث وإنجازها، كما توصل الفرنسي بييه Bied سنة 1908 إلى صنع الاسمنت الألوميني. ومع تزايد الحاجة إلى الاسمنت طورت صناعته، وبذلت كل الإمكانات لتحسين نوعيته، وتحسين طرائق إنتاجه والوسائل التقنية المستخدمة لزيادة كمية الإنتاج وتقليل الكلفة. وغدت صناعة الاسمنت مؤشراً مهماً لنمو الفعاليات الإنشائية، كما أصبحت مادة الاسمنت أحد العناصر المهمة في بناء الحضارات الحديثة، وأحد المعايير الأساسية للتطور الاقتصادي.

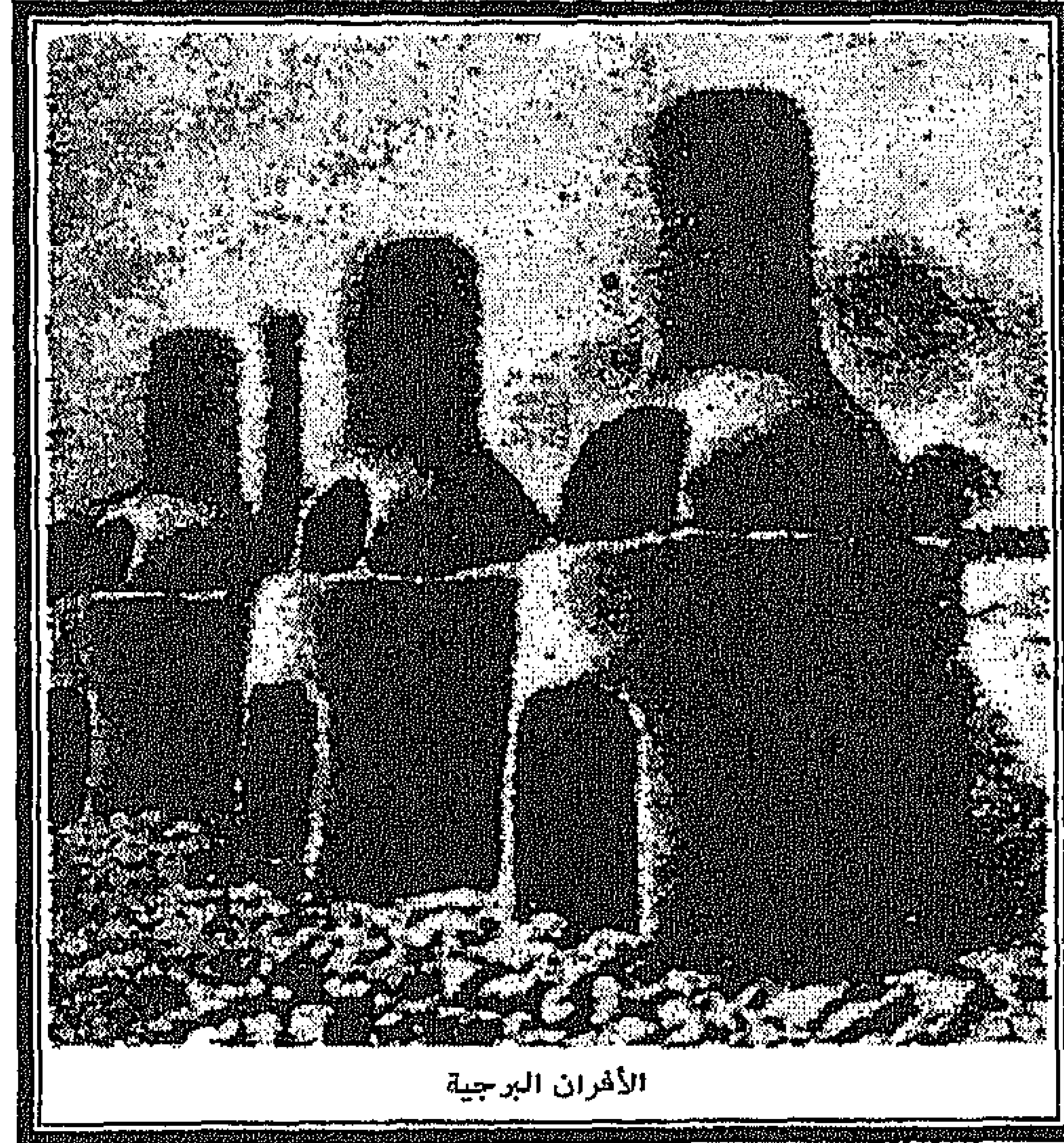
تعريف الإسمنت:

الأسمنت هو تلك المادة الرابطة الناعمة التي تتصلب وتقسى فتملك بذلك خواصا تماسكية وتلاصقية بوجود الماء مما يجعله قادرا على ربط مكونات الخرسانة بعضها ببعض. وأهم استخدام للأسمنت هو الملاط والخرسانة حيث يربط المواد الاصطناعية أو الطبيعية لتشكل مواد بناء قوية مقاومة للتأثيرات البيئية العادية. يجب عدم الخلط بين الخرسانة الأسمنت، فالأسمنت يشير إلى المسحوق الجاف المستخدم في ربط المواد الكلية للخرسانة. وللأسمنت المستخدم في البناء نوعين هما الأسمنت المائي والأسمنت غير المائي. والاسمنت cement رابط مائي ذروري مصنّع غير عضوي له خاصة التفاعل مع الماء وتكوين عجينة لدنة قادرة عند

تصلبها على ربط الرمل والحصى والحجارة التي تخلط بها، وبذلك يتشكل الملاط mortar والخرسانة Baton المقاومان لتأثير العوامل الطبيعية والماء تأثيراً مديداً.

يعد الاسمنت من أهم مواد البناء، ويرجع تصلبه إلى التفاعلات الكيماوية القائمة على تميّه Hydratation سيليكات الكلسيوم وألوميناته وكبريتاته التي يتركب منها. وأنواعه كثيرة أشهرها وأكثرها انتشاراً «الاسمنت البورتلاندي» التي يعرف في بعض البلاد العربية باسم «الاسمنت الأسود» أو «التربة السوداء».

تعتبر صناعة الاسمنت من الصناعات الإستراتيجية. وهي مع ذلك صناعة بسيطة مقارنة بالصناعات الكبرى، وتعتمد على توفر المواد الخام اللازمة لذلك.



الأفران البرجية

مبادئ صناعة الإسمنت:

تحتوي الاسمنت على مادتين أساسيتين هما الكلس والطين هذا الأخير نضيف إليه مواد أساسية هي السليس، والألمين وأكسيد الحديد. مادتي الكلس والطين تسحقان في آلات السحق وتمزجان مع بعضهما البعض بنسب يحددها المخبر ويطحنان في آلات الطحن ثم نمررهما عبر الفرن التي تبلغ درجة حرارته حوالي 1430°م. فنحصل حينئذ على مادة الكلنكر.نضيف لهذه المادة مواد أخرى.وندخلها في آلة الطحن من بعدها نحصل على مادة الاسمنت التي توضع بأكياس ثم تعبأ.

الاسمنت يتكون كمواد خام من مادتين أساسيتين هما الحجر الجيري lime stone والطفلة clay ومادتين إضافيتين يضافا حسب ظرف وطبيعة كل مصنع وهما الـ sand، iron ore الحديد والرمل ويسمى الحديد والرمل correctivematerials أي مواد لتصحيح النسب المراد الوصول إليها فأحيانا تأتي الطفلة والحجر بهما نسبه عاليه من الرمل فلا تحتاج لإضافة رمل.

الحجر الجيري أساسا عبارة عن $CaCo_3$ كالسيوم كربونات ولكن في الطبيعة يوجد به شوائب كثيرة مثل الSiO_2 و$Al2O_3$ وNa_2O_3 وFe_2O_3 وغيرها مثل البوتاسيوم والكلور وغيرها

الطفلة تتكون من 50 ٪ SiO_2 ومن 14 – 16 ٪ Al_2O_3 والباقي عبارة عن CaO، وNa_2O_3 وFe_2O_3 وغيرها البوتاسيوم والكلور وغيرها.

الرمل يتكون بشكل رئيسي من ال $SiO2$ في حدود 70 ٪ والباقي عبارة عن Al_2O_3 وNa_2O_3 وFe_2O_3 وCaO وغيرها مثل البوتاسيوم والكلور وغيرها

الحديد يتكون بشكل أساسي من Fe_2O_3 تكلمنا عن تركيب الاسمنت من حيث المواد الخام سنتكلم عن تركيب الاسمنت بشكل آخر من حيث التركيب الكيميائي ونربطه مع المواد الخام ولماذا اخترنا هذه المواد. يتكون الاسمنت من أربعة اكاسيد هي الSiO_2 وAl_2O_3 وCaO وFe_2O_3 المصدر الأساسي لـل CaO هو الحجر الجيري حيث يتحول $CaCo_3$ إلى CaO في درجات الحرارة العالية كما سيتبين فيما بعد المصدر الأساسي لل Al_2O_3 هو الطفلة المصدر الأساسي لـل SiO_2 هو الرمل المصدر الأساسي لـل Fe_2O_3 هو الحديد ولكن أود إن الفت انتباهك إلى بعض النقاط:

مع أن خمسين بالمائة من الطفلة SiO_2 إلا إننا لم نضيف الطفلة لنحصل منها على ال SiO_2 ولكننا أضفنا الطفلة لنحصل على ال Al_2O_3 • ولكن لا مانع من أننا فعليا نستفيد من وجود ال SiO_2 في الطفلة وكذلك بقية العناصر. يتم إضافة هذه المواد الخام بنسب معينه وتدخل طاحونة ضخمه لتطحن حتى تصل إلى درجة نعومه عاليه وتسمى هذه الطاحونة بطاحونة الخام raw mill ولا يحدث

بالطاحونة أي تفاعلات كيميائيه ولكن فقط طحن المواد الخام وفائدة هذا الطحن زيادة مساحة سطح الحبيبات تجهيزا لدخولها التفاعلات الكيميائية حتى تتعرض كل الجزيئات للتفاعلات. تكون النسب في المواد الخام تقريبا في حدود 75 ٪ من الحجر و20 ٪ من الطفلة و3٪ من الرمل و2٪ من الحديد وتختلف هذه النسب تبعا للنتائج والتحاليل ويراعى في هذه النسب ثلاثة معاملات هي:

- بعد خروج المادة الخام من الطاحونة تدخل صومعة للتخزين وتقليب المادة الخام فقط وفائدتها التقليب.
- ثم تبدأ أول مراحل التفاعلات الكيميائية في مبنى ضخم يسمى البرج أو الـ Preheater وهو عبارة عن خمسة Cyclone، فوق بعض وCalciner والـ Cyclone عبارة عن ما يشبه خزان ضخم والـ Calciner عبارة عن خزان ضخم ولكن به شعله وكلهم متصلين يبعضهم البعض وفائدة هذه الصومعة ما يلي:

1. تسخين المادة الخام وتمهيدها لدخول الفرن
2. تحويل ال $CaCo_3$ إلى CaO لأننا قد ذكرنا أن الحجر يتكون من $CaCo_3$ ونحن نحتاج في الصناعة ال CaO ويتم ذلك التحويل وفقا للمعادلة التالية $CaCo3\ CaO + Co_2$ وذلك عند درجة حرارة 950 درجه مئوية وبذلك تكون الاكاسيد الأربعة جاهزة للتفاعل في الفرن.
3. تدخل المادة الخام الفرن وهو عبارة عن اسطوانة ضخمه مائلة بزاوية بسيطة أفقيا تدور حول نفسها وفي طرفها شعلة ضخمة وبداخل الفرن يتحد الاكاسيد الأربعة مكونا ما يسمى أطوار الكلنكر وهي : $C3S$, C_2S, C_3A، C_4AF وهذه المواد الأربعة يكونوا ما يسمى ب الكلنكر clinker وهو المواد الأولية في صناعة الاسمنت ويمكن أن يصدر الكلنكر أو يدخل في المرحلة التالية ليتكون الاسمنت. وجدير بالذكر أن المركبات الأربع السابقة عبارة عن اختصار لما يلي: الC اختصار ل CaO، ال A اختصار ل Al_2O_3، ال S اختصار ل SiO_2، ال F اختصار ل Fe_2O_3 أي أن ال C_3S عبارة عن ثلاث ذرات من ال CaO متحدة مع ذره من ال SiO_2 وهكذا وتصل درجات الحرارة

إلى 1450 درجة عند نهاية الفرن عند الشعلة. بعد الفرن تدخل المادة الخام إلى ال cooler للتبريد المفاجئ وفائدته تبريد الكلنكر ومنع التفاعل العكسي وتفكك أطوار الكلنكر الأربعة إلى الاكاسيد المكونة لها. بعد المبرد يخرج الكلنكر وهو المنتج الأولي في صناعه الاسمنت. يضاف بعد ذلك جبس إلى الكلنكر ويدخلا معا طاحونة تسمى طاحونة اسمنت cement mill ويكون المنتج النهائي هو الاسمنت. يضاف الجبس في حدود 5٪ وفائدته تنظيم زمن الشك للاسمنت، في أطوار الكلنكر ال C_3A يشك لحظيا عند إضافة ماء ولكننا نضيف الجبس لتأخير زمن شكها، يتكون الجبس من $CaSO_4.2H_2O$ وتتحد هذه المادة مع ال C_3A مكونة مادة تسمى الاترنجيت تحيط بال C_3A وتأخر من زمن وصول الماء إلى ال C_3A وبالتالي تأخر من زمن الشك.

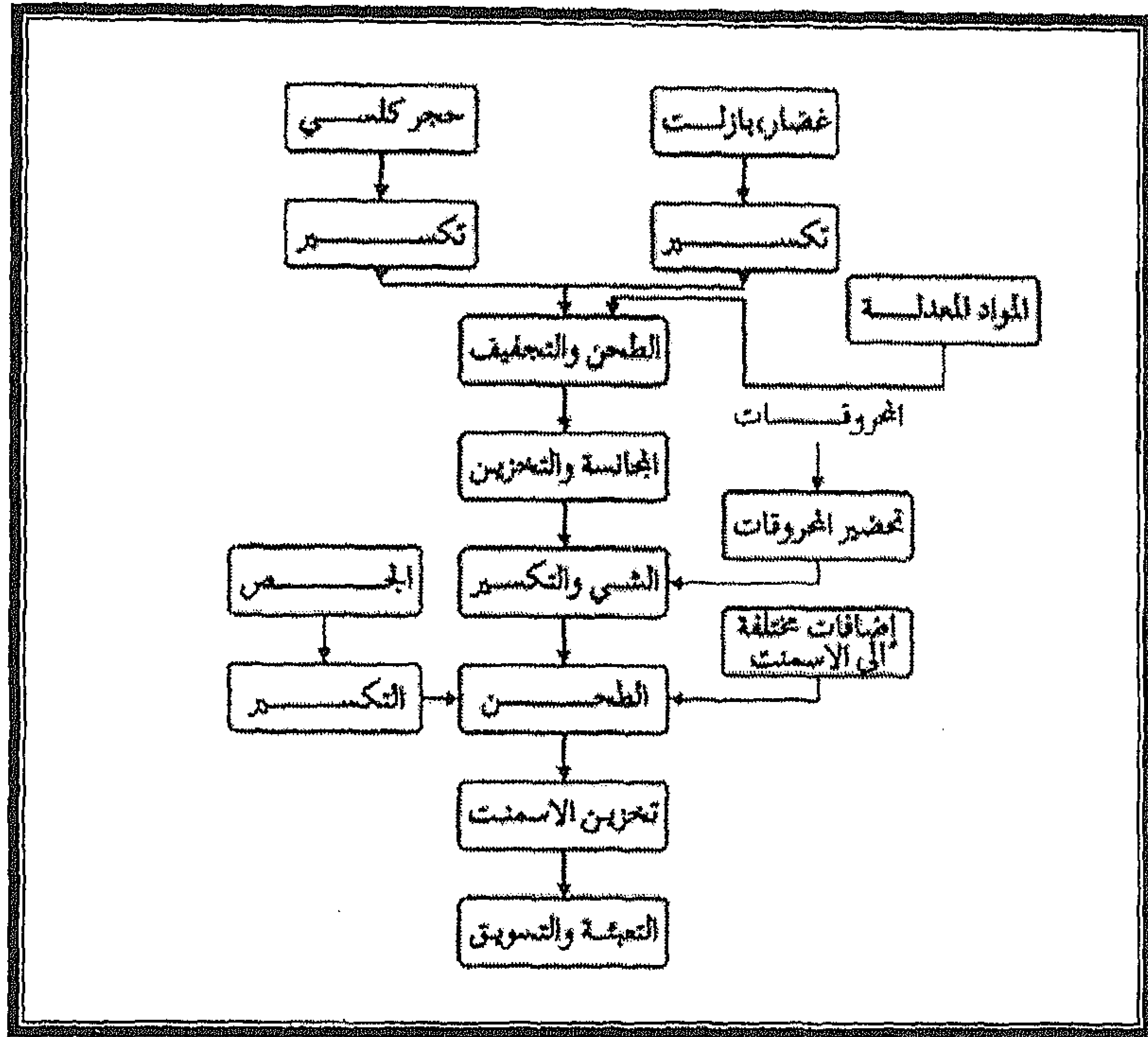
تشتمل عملية إنتاج الاسمنت اليوم على استخراج الخامات الطبيعية التي يتألف منها وخلطها ببعض المواد ونفايات الصناعة كالرماد وخبث المعادن والصخور والرمل وغيرها، ثم تكسيرها وطحنها لتصبح خلطة متجانسة بالقوام المطلوب، ثم شي الخلطة في درجات حرارة تراوح بين 1450– 1550°، ثم طحن الناتج . ويسمى الكلينكر – ليصبح على شكل ذرات دقيقة، مع إضافة قدر ضئيل نسبياً من مواد منشطة أو فعالة كالجص، حتى يأخذ الاسمنت صفاته المرغوب فيها.

طرق صناعة الإسمنت:

يتوقف اختيار الطريقة أساساً على عدد من العوامل التقنية والاقتصادية كدرجة تركيز الإنتاج واستهلاك الوقود والطاقة والقوى العاملة وهناك عدة طرق لصناعة الإسمنت هي:

أ. الطريقة الجافة:

ويبين الشكل المرفق التالي المراحل التقنية الأساسية لإنتاج الاسمنت بالطريقة الجافة، وهي المتبعة في أغلب المعامل الحديثة التي تتبنى هذه الطريقة.



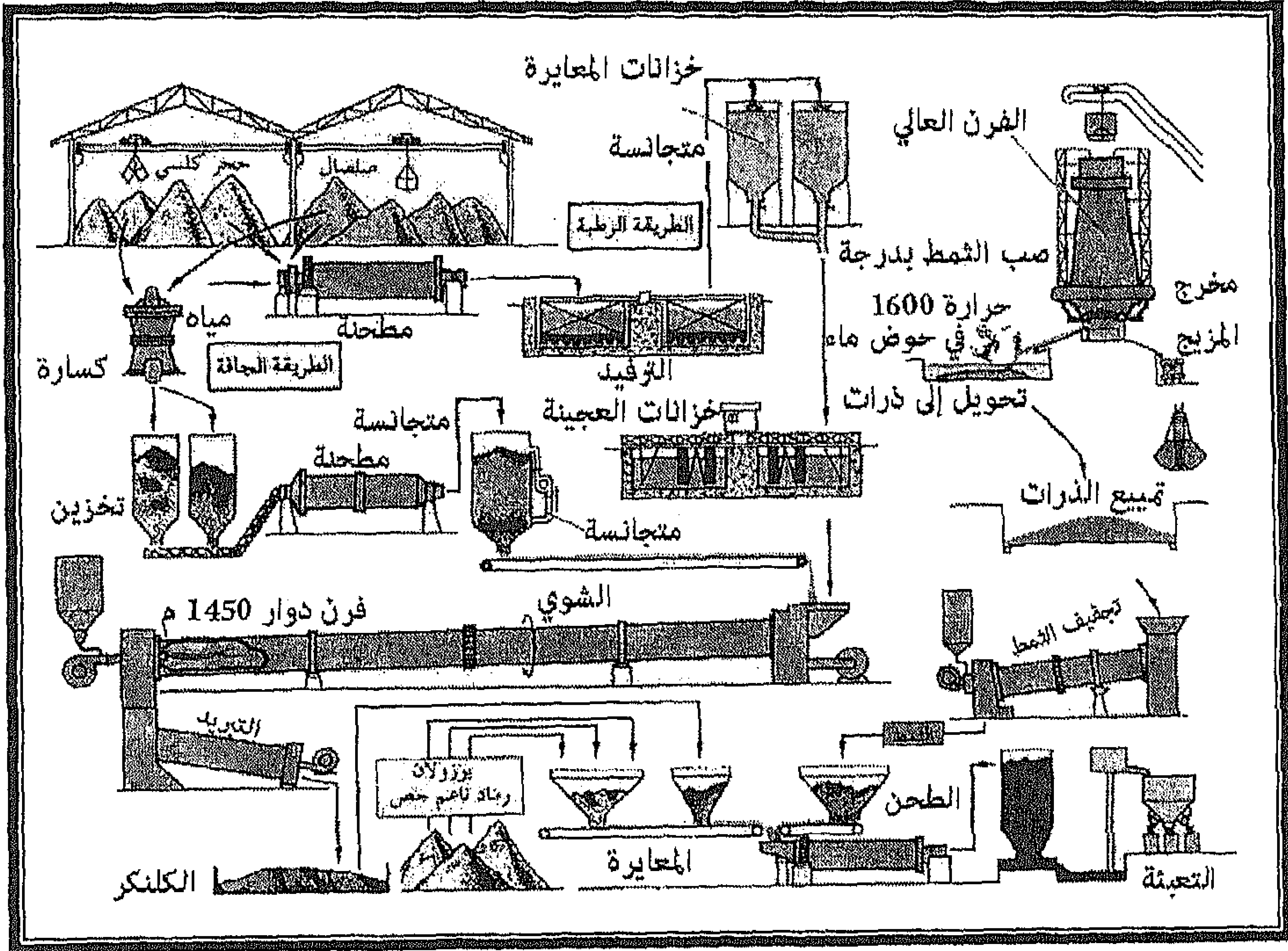
المخطط التقني العام لإنتاج الاسمنت بالطريقة الجافة

المواد الأولية واستخراجها:

تتألف المواد الأولية التي يصنع منها الاسمنت البورتلاندي من خامات تحوي مادة الكلس أساساً كالحجر الكلسي والمَرْل والحُوَّار والصَدَف ورماد الحطب والخبث، وكلها غنية بأكسيد الكلسيوم مع اكاسيد أخرى ضرورية كأكسيد السيليسيوم والألمنيوم والحديد وغيرها. ويجب أن تكون الخلطة الأولية قبل عملية الشي (شوي) مشتملة على 90-95٪ من الاكاسيد الأساسية التالية بنسب محددة فيما بينها: أكسيد الكلسيوم أو الكلس الحي وثاني أكسيد السيليسيوم أو السيليس SiO_2 وأكسيد الألمنيوم أو الألمينا Al_2O_3 وأكسيد الحديد Fe_2O_3، ويضاف إليها نسبة ضئيلة من اكاسيد ثانوية مثل أكسيد المغنزيوم MgO وأكسيد الصوديوم Na_2O وأكسيد البوتاسيوم K_2O وأكسيد التيتانيوم TiO_2 وأكسيد الفسفور P_2O_5.

ويتم الحصول على هذه الخلطة من مقالع خاصة غنية بالمركبات الأساسية وفي مقدمتها الحجر الكلسي والفضار. ويتألف الحجر الكلسي أساساً من كربونات الكالسيوم $CaCO_3$، ويجب أن تكون نسبتها فيه بين 75 و100٪ وذلك بحسب نوعية الحجر الكلسي، وأما الفضار فيحوي السيليس والألومينا وأكسيد الحديد بنسب متفاوتة بحسب الفضار المتوافر، ويمكن استخدام البازلت، وهو صخر بركاني، عوضاً عن الفضار لاحتوائه على المركبات المطلوبة. وإن تركيز هذه المركبات في الخلطة بنسب محددة تماماً شرط أساسي للحصول على الاسمنت المرغوب فيه. وهنا يأتي دور المركبات الثانوية فهي إما أن تكون مواد مصححة أو مضافة. والمواد المصححة ضرورية لتعديل نسب المركبات الرئيسة وتصحيحها في حال وجود نقص أو لإعطاء الاسمنت صفة معينة، فيضاف الرمل لتعديل نقص السيليس، ويضاف الحديد أو خبث الحديد لتعديل نقص أكسيد الحديد، ويضاف البوكسيت bauxite لتعديل نقص الألومينا وغير ذلك. أما المواد المضافة فتتألف من مواد عضوية أو غير عضوية تضاف إلى الخلطة لتحسين ظروف شيها وتخفيض نسب المواد الفائضة فيها وتقليل استهلاك الطاقة، ويأتي في مقدمة هذه المواد الكلوريدات والفلوريدات والفوسفات والكبريتات وغيرها.

التكسير والطحن والمجانسة: يشترط قبل شيّ الخلطة في الأفران أن تكون جيدة الخلط وعلى هيئة ذرات ناعمة، ويتم الخلط في الطريق بين المقالع التي تأتي منها المواد الأولية وأفران الحرق. إذ يتم استخراج الخامات بالتفجير والحفر بوساطة الحفارات والجرافات، ثم تنقل على سيور ناقلة أو في عربات كهربائية أو قطارات خاصة إلى أماكن التكسير والطحن، فتلتقمها كسارات ضخمة تصمم وفقاً للخواص الفيزيائية والميكانيكية لتلك المواد، وهي إما أن تكون ذات مطارق أو ذات فكين أحدهما ثابت والآخر متحرك، أو أسطوانية أو مخروطية فيها كرات وكتل حديدية تسحق ما بداخلها.



مخطط صنع الاسمنت بالطريقة الجافة والطريقة الرطبة

ففي الطريقة الجافة تطحن المواد الهشة من دون تكسير أو تهشيم أولي، وقد يتطلب بعض المواد القاسية كالبازلت والمرمر وبعض أنواع الصخور الكلسية تهشيماً مبدئياً قبل إدخالها المطحنة. ويتم في أثناء الطحن خلط الخامات خلطاً جيداً ونهائياً. وقد يبدأ الخلط من المقلع ويستمر مع مرور المواد الخام في الكسارات فالمطاحن.

ويمكن أن نلخص الطريقة الجافة على النحو التالي:

لقد أخذ استخدام العمليات الجافة لصناعة الاسمنت في الانتشار ليحل تدريجيا محل العمليات الرطبة، بسبب الوفرة في الطاقة التي تتميز بها العمليات الجافة، والدقة في عمليات التحكم وفي خلط المواد الخام، دون إضافة الماء.

وعمليات التشغيل الرئيسية في هذه الطريقة هي:

1. تكسير وخلط المواد الخام:

تكسر المواد الخام من الحجر الجيري والسيليكات، والطين والأتربة السطحية بواسطة الكسارات، ثم تنحل وتنقل، ليتم تخزينها على هيأة أكوام في مناطق مفتوحة أو مغطاة.

2. الطحن:

يتم إدخال المواد الخام في مجفف دوار،حيث تجفف بواسطة الهواء الساخن أو العادم الناتجة عن تشغيل الفرن، ثم تطحن المواد الخام في طواحين المواد الخام وتنقل إلى صوامع تخزين ما قبل الخلط، حيث تصبح متجانسة بواسطة الهواء المضغوط، بعد ذلك تنقل المواد الخام المتجانسة من صوامع التخزين ما قبل الخلط إلى صوامع التخزين.تتم عملية الخلط بنسبة 30٪ طين، و70٪حجر جيري.

3. الفرن والمبرد:

تسحب المواد الخام المتجانسة من قاع صوامع التخزين إلى فتحة التغذية برج التسخين الابتدائي ذي المراحل المتعددة،وقد يصل ارتفاع البرج 120م.

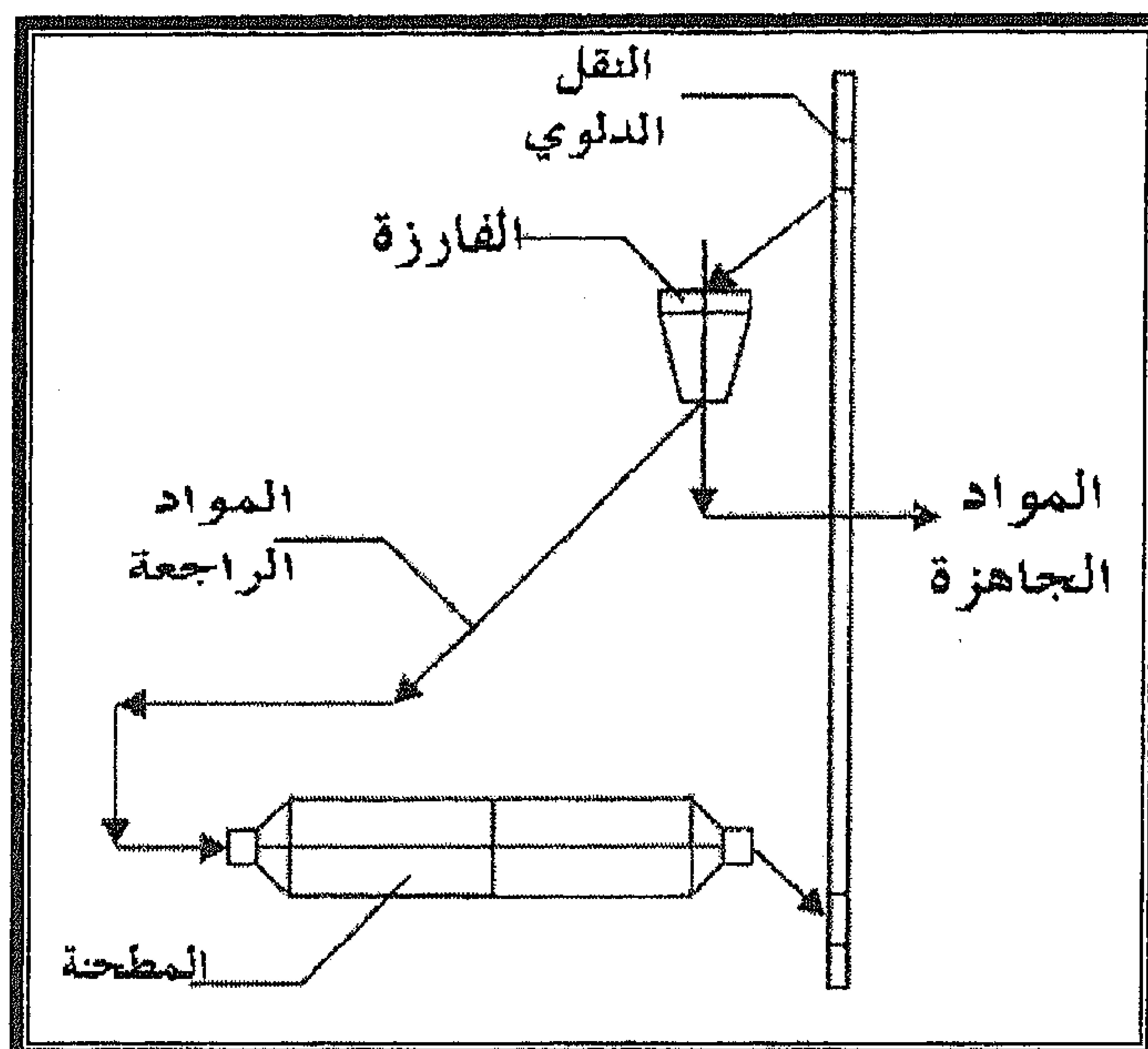
يستخدم الغاز الطبيعي أو المازوت كمصدر للطاقة الحرارية، كما يستخدم الهواء الساخن الناتج عن تبريد الكلنكر كمصدر إضافي للحرارة.يميل الفرن قليلا على المستوى الأفقي بحيث يسمح بحركة بطيئة للمواد الصلبة إلى الأسفل، فتقطع المسافة إلى فتحة التغذية الموجودة بأعلى الفرن إلى الطرف السفلي (جهة الاحتراق) حيث تتولد غازات الاحتراق عالية الحرارة في فترة زمنية تتراوح ما بين(1–3) ساعة، بينما تتحرك غازات الاحتراق إلى الأعلى في التيار المعاكس لحركة المواد الصلبة.فتعمل غازات الاحتراق الساخنة على تسخين المواد الخام، عند فتحة تغذية الفرن وتوفر كربونات الكلسيوم.

4. الطحن النهائي والتعبئة :

ينقل الكلنكر إلى طواحين كور حيث يضاف إليه الجبس ويعبأ في أكياس.

ب. الطريقة الرطبة :

وما يماثلها تجرش المواد الخام بوجود الماء التي يخفف من قسوتها ويقلل من الاستهلاك النوعي لطاقة الطحن، وتستمر إضافة الماء حتى تصبح الخلطة ثِمْطاً (طيناً رقيقاً) شبيهاً باللبن الرائب. ويتم الطحن في مطاحن أسطوانية ذات كرات فولاذية شديدة الصلابة مختلفة الأقطار، أو في مطاحن رحوية. وقد غدت المطاحن الرحوية هي المفضلة في صناعة الاسمنت الحديثة لأنها توفر الحصول على خلائط شديدة النعومة عالية التجانس ولاسيما عند إتباع الطريقة الجافة. ويتزامن الطحن مع التجفيف في الطرائق الرطبة ومثيلاتها، ويكون ذلك بترقيد الخلطة المائعة في رواقيد ضخام، أو بتمريرها في مرشحات على شكل «طنابير» drums دوارة مغطاة بالخيش، أو بتبخير الماء في مبادلات حرارية بتمرير تيار من الهواء الساخن، حتى يتم الحصول في خاتمة المطاف على خلطة أولية متجانسة ذات حجم حبيبي يتطابق والمواصفات المطلوبة، ولا تزيد نسبة الرطوبة فيها عند المخرج على 1٪، ثم تمرر الخلطة بعدها على منخل دقيق الثقوب (4900 ثقب/ سم^2) وفارزة تفرز الذرات الجاهزة إلى صوامع المجانسة والتخزين، وتعيد المواد الخشنة إلى المطحنة (لا تزيد نسبة هذه المواد على 10-18٪ من الخلطة).



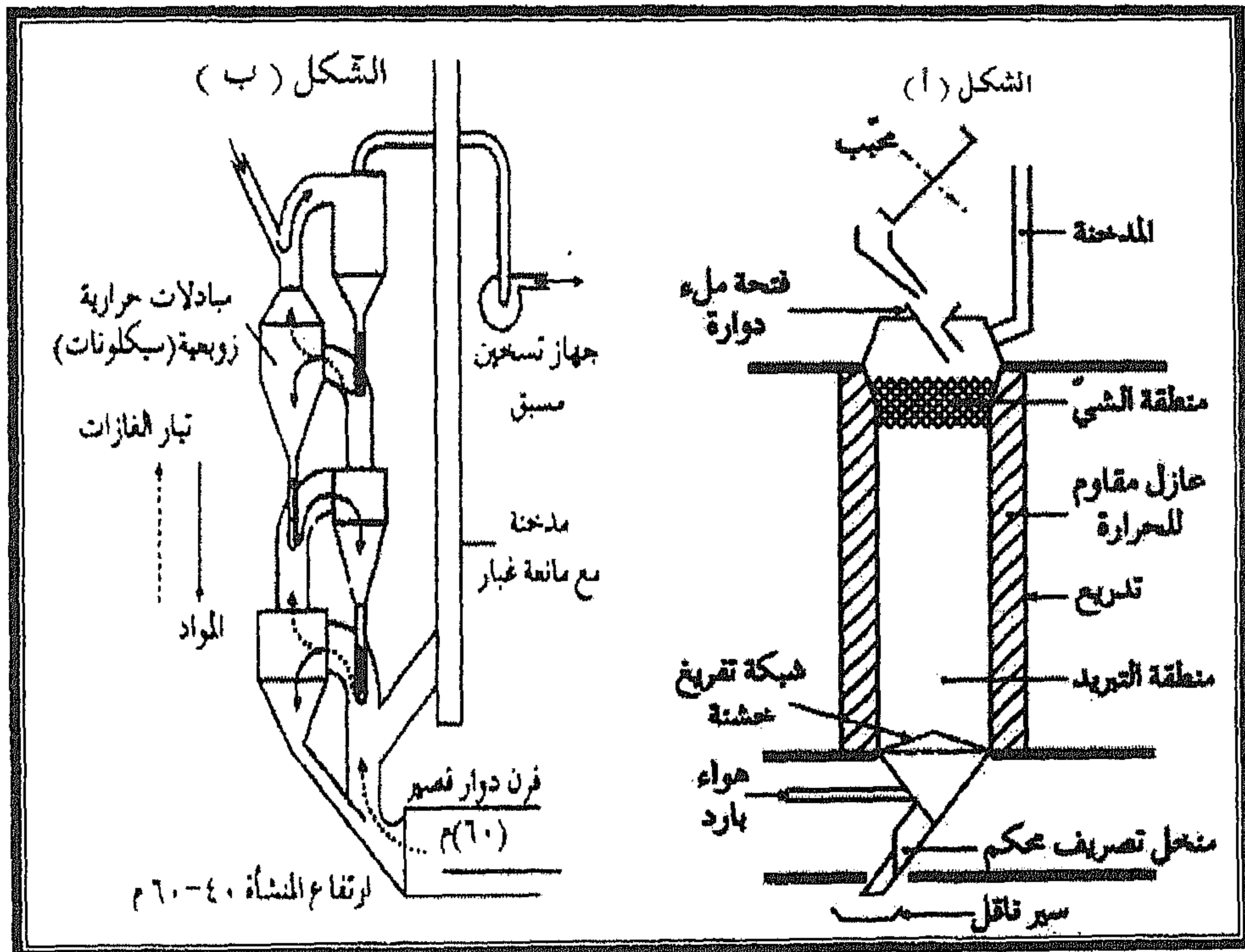
نظام طحن المواد الأولية في صناعة الاسمنت

وتؤخذ من الذرات الجاهزة عينات ساعية لمراقبة جودته وتعديل مواصفاته بإضافات جديدة في صوامع المزج والمجانسة من أجل الحصول على الخلطة المناسبة لعملية الشي. وعندما تصبح الخلطة جاهزة تفرغ في صوامع تخزين تغذي الأفران الدوارة بالذرات الخام. وقد يلجأ بعض مصانع الاسمنت إلى تجفيف الخلطة وشيها في الفرن في آن واحد اقتصاداً في الوقت والنفقة.

الشيّ: إن تحويل المواد الأولية الخام إلى «كلِنْكَر» clinker. وهي المرحلة الأساسية في صناعة الاسمنت، يتم في فرن دوار أو فرن شاقولي مهما كانت الطريقة المتبعة (جافة أو رطبة)، وفي درجات حرارة تراوح بين 1000 و1450 درجة مئوية. وتعتمد هذه العملية على عوامل مختلفة أهمها التركيب الكيميأوي للمواد الأولية وخواصها الفيزيائية والميكانيكية وحرارة الأفران عند الشي ونوعية الوقود المستعمل وطريقة التبريد والطحن النهائي.

تحتل أفران الشي المكانة الرئيسة في مصانع الاسمنت وكانت في بدايات هذه الصناعة أفراناً شاقولية مطورة عن أتونات حرق الكلس القديمة، ومازالت أنواع من الأفران الشاقولية شائعة الاستعمال في أوربا لمردودها الاقتصادي، وقد أدخلت

عليها تحسينات كثيرة ساعدت على بقائها لتزاحم الفرن الدوار إلى اليوم، إلا أن معظم المصانع الحديثة تستعمل الأفران الدوارة في خطوط إنتاجها لقدرتها على زيادة طاقة الإنتاج وتحسين نوعيته. والفرن الدوار هو أسطوانة من الصفيح السميك مكسوة من الداخل بكساء مقاوم للحرارة، وتكون مائلة ميلاً خفيفاً على الأفق (4.3 سم لكل متر واحد) ضماناً لتقدم الكلنكر في داخلها نحو نهاية التفريغ، وتدور الأسطوانة حول محورها الطولي دورة كاملة في كل دقيقة أو دقيقة ونصف. ويتراوح طول الفرن الدوار بين 90 و150م، وقد يصل طول بعض الأفران إلى 185م، أما القطر فيتراوح بين 3.5 و5م، ويكتسب الفرن حرارته في العادة من نفث لهب ذرات الفحم المشتعل في الهواء، أو من نفث المازوت أو الغاز المشتعل، ويخضع الخليط في نزوله على طول الفرن إلى تفاعلات عدة وبمستويات حرارة مختلفة.

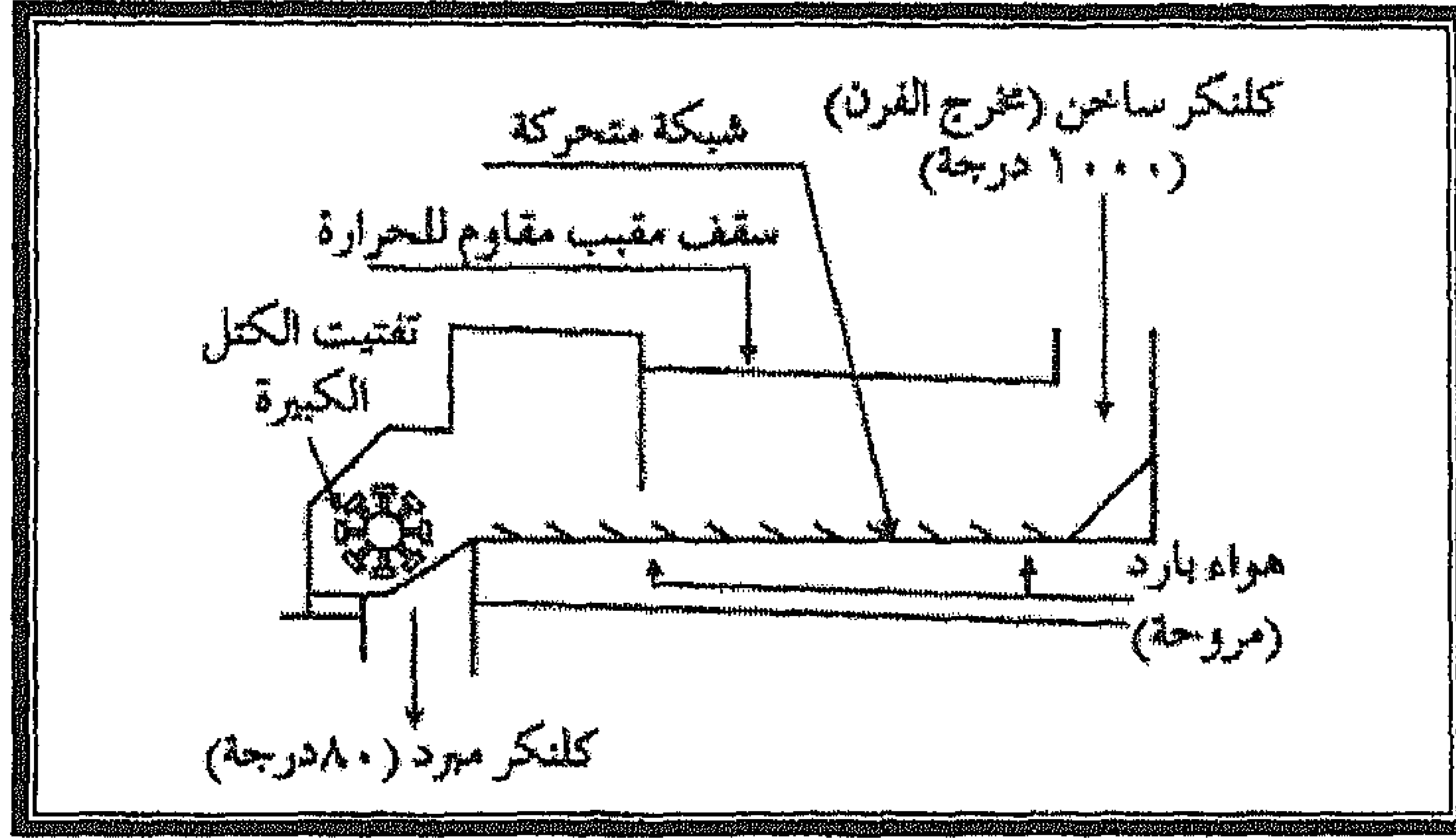


الشكل (أ) فرن شاقولي يعمل بالطريقة الجافة في أربعة طوابق (مبادلات حرارية) مع التسخين المسبق، نموذج همبولدت: الارتفاع الكلي 60م، طول الفرن 60م، الإنتاج اليومي 1500 طن.

الشكل (ب) فرن شاقولي يعمل بالطريقة نصف الجافة، نموذج فرن مستقيم: قطره 2.5م، ارتفاعه 10م، إنتاجه اليومي 200طن.

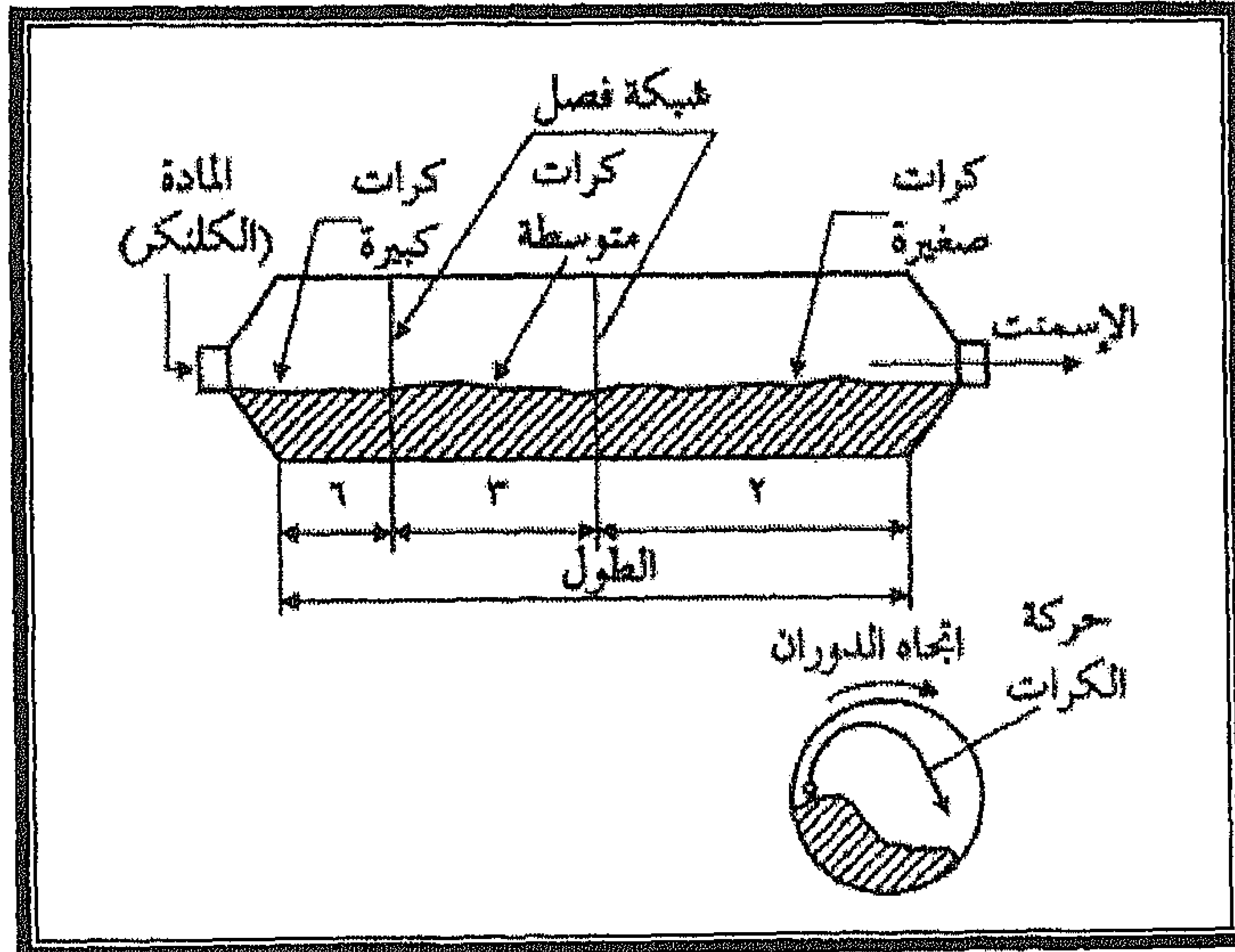
وتتم في مرحلة الشي عمليات إرجاع كيميأوية ومبادلات حرارية يخضع فيها الكلنكر لتبدلات عدة قبل أن يبلغ صيغته النهائية. وأهم هذه التبدلات تبخر الماء الحر في الدرجة 100– 200، ونزع ماء التبلور من مركبات الغضار والبازلت تماماً عند الدرجة 500، وتفكك الكربونات في المجال الحراري 600 و900 للحصول على الكلس الحي وثاني أكسيد الكربون، وتحول المركبات الغضارية والسيليس إلى بلورات في المجال الحراري 800 – 1100، ثم حدوث تفاعلات اندماجية بين المركبات في مراحل ثلاث ابتداء من تكون البليت belite ويعرف بالرمز «C_2S » ثم تكون الطور السائل من ألومينات ثلاثي الكلسيوم، ورمزه «C_3A » وألومينات حديد رباعي الكلسيوم «C_4AF » في المجال الحراري 1250– 1350، وأخيراً تكوّن الأليت alite التي يعرف بالرمز «C_3S » في المجال الحراري 1350– 1450، وهو أهم مركبات الاسمنت وبه تتحدد خواصه الرابطة. فإذا لم تصل حرارة الفرن إلى الدرجة المطلوبة، فقد يتحول البليت إلى صيغة غير فاعلة عند التبريد، وتتسبب في تفتت الاسمنت مع فقد قدرته على التميه. وفي درجة الحرارة القصوى المذكورة يتحول نحو ثلث الكلنكر إلى الحالة المائعة. وتراعى كذلك عند تبريد الكلنكر قواعد محددة، لأن لمعدل التبريد وسرعته وتدرجه أهمية كبيرة في تحديد نسب التبلور وأطوار التحول، ولكل طور منها أثره الخاص في مواصفات الاسمنت النهائية واستعمالاته.

طحن الكلنكر: يؤدي تمييع مركبات الكلنكر في أثناء الشي إلى تكور الناتج في شكل كريات لماعة سوداء اللون مختلفة الحجم تخرج من الفرن إلى أجهزة التبريد.



مبرّد ذو شبكة (يستعمل في كل الأفران)

ويتم طحنها في مطاحن خاصة على هيئة أسطوانة دوارة يرأوح طولها بين 8 و20م وقطرها بين 2 و4م، ومقسمة إلى حجيرات فيها كرات فولاذ تهشم الكلنكر وتطحنه ليصبح ذرات ناعمة. وإن لدقة حبيبات ذرات الاسمنت قيمة كبيرة في تحديد مواصفاته. إذ يجب ألا تقل المساحة السطحية للحبيبات التي يضمها غرام واحد من الاسمنت عن 1600–1800 سم^2. وفي مرحلة الطحن هذه تضاف إلى الكلنكر كمية محددة من الجص لا تزيد على 4–5٪ من حجمه الكلي لتحسين مواصفاته.



مطحنة ذات ثلاث حجرات (دارة مفتوحة)

ويمكن أن نلخص الطريقة الرطبة على النحو التالي:

يتم اختيار المواد الخام وتمزج بالماء لتعطي ناتج معلق تصل درجة حرارة المواد الخام (1430–1650)°م، ويتشكل الكلنكر عند (1480)°م تعتمد هذه العملية على:

1. تكسير وخلط المواد الخام:

تكسر المواد الخام من الحجر الجيري والسيليكات، والطين والأتربة السطحية، بواسطة الكسارات، ثم تنحل وتنقل، ليتم تخزينها على هيئة أكوام في مناطق مفتوحة أو مغطاة.

2. الطحن:

تنقل المواد الخام في طواحين المعلقات، حيث تخلط بالمياه ويستمر طحن المعلق حتى يصل إلى درجة النعومة المطلوبة، ينقل المعلق بعد ذلك إلى صوامع التخزين، حيث يصبح متجانسا بعد الضبط النهائي لمكوناته، وتأخذ منه عينات بشكل دوري لضمان مطابقة تركيباته المواصفات، ثم ينقل المعلق إلى أحواض المعلقات، حيث تقوم طواحين بتحويله إلى خليط متجانس.

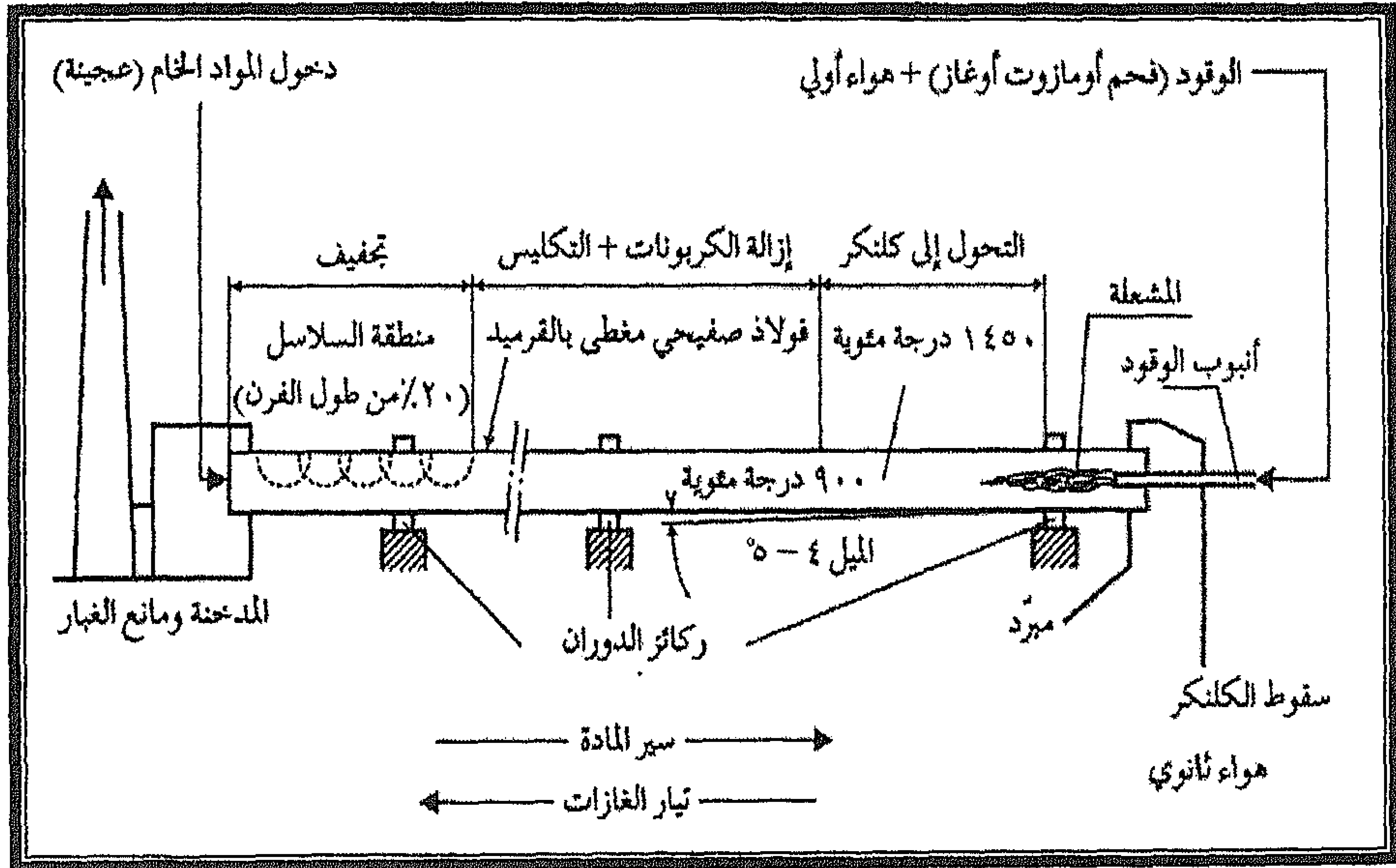
3. الفرن والمبرد:

يسحب المعلق من قاع الأحواض إلى فتحة تغذية الفرن الدوار (الفرن الأسطواني الطويل)، مبطن من الداخل بطوب حراري، ويدور ببطء يميل قليلا عن المستوى الأفقي. ويسمح هذا الميل بدفع محتويات الفرن أثناء الدوران إلى الأمام.وتتولد عند الطرف الأمامي (الأسفل)، من الفرن غازات احتراق عالية الحرارة تتدفق إلى الجزء الأعلى (الخلفي) من الفرن في التيار المعاكس لحركة محتويات الفرن المندفعة إلى الأسفل، ويتم تبريد الكلنكر بواسطة مبرد هوائي. يكون طول الأفران في الطريقة الرطبة أطول من الطريقة الجافة وذلك حتى يكتمل فيها عملية تجفيف المعجون الممزوج بواسطة سلاسل معدنية ضخمة موجودة داخل

الفرن أما هذه العملية ففي الطريقة الجافة يتم الاستعاضة عنها بالسايكلونات التي وجودها يقلص من طول الفرن بحوالي 50٪.

4. الطحن النهائي والتعبئة:

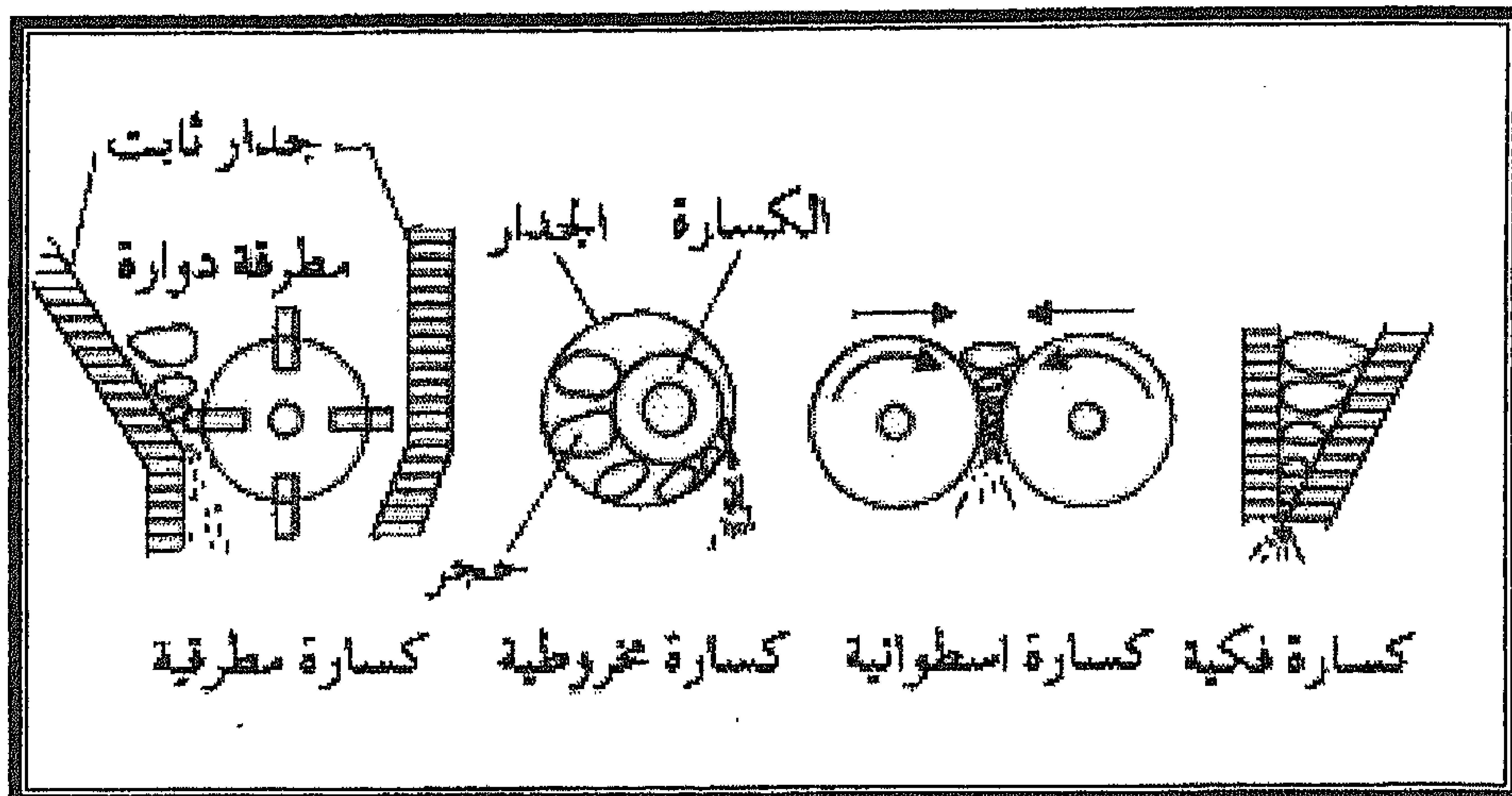
ينقل الكلنكر إلى طواحين كور، حيث يضاف إليه الجبس ويطحن، ثم يعبأ في أكياس.



(فرن دوار أفقي يعمل بالطريقة الرطبة، قطره 4م، طوله 150م، إنتاجه اليومي 1000طن)

ج. الطريقة شبه الجافة

الطريقة شبه الجافة هي حالة خاصة من العمليات الجافة،حيث يستخدم الفرن(ليبول كيلن) أو الفرن المزود بعمود،وفي الحالتين تشكل المواد الخام المطحونة في العمليات الجافة، على هيئة حبيبات تتراوح قطرها بين(10–15)مم،حيث يضاف إليها 13٪ من المياه.



كسارات تستخدم في صناعة الإسمنت

كيمياء الإسمنت:

هـذه هـي: $(Fe_2O_3$، (Al_2O_3)، Cao (chaux) $(Sio_2))$ المكونـات الـتي نصادفها في صناعة الاسمنت، نذكرها.

- أليت: $(CaO)_3(SiO_2)$: (C_3S)
- ألومنات: $(CaO)_3(Al_2O_3)$: (C_3A)
- بوليت: $(CaO)_2(SiO_2)$: (C_2S)
- الكلس: $(CaCO_3)$
- سليت: Celite تسمية السليت C_4AF.
- الجير الحر: تكون شدتها عادة أقل من 2٪ من كتلة الكلنكر CaO
- فوغيت: أحيانا تكون $(CaO)4(Al_2O_3)(Fe_2O)$:(C_4AF) الألمينوفوغيت أو بغونميليغيت $(CaO)_2FeAlO_3$)هذه نصف تركيبة.
- جيبس: $(CaSO_4).(H_2O)$ يسخن عند الدرجة(60-200)°م
- بيغيكلاس: MgO
- بوغتلونـديت: يـساهم في هدرجـة الجـير الحـر.$Ca(OH)_2$) هيدروكـسيد الكلسيوم
- الرمل: السيليس(SiO_2)

التركيبة الكيميائية للاسمنت (المواد المذكورة سابقا تساعد صلابة الاسمنت وتشده لشهور النوعية النهائية المقدرة بواسطة قيمات محسوبة انطلاقا من التركيبة.

الاسمنت البورتلاندي

مكونات الاسمنت البورتلاندي: يتألف الكلنكر من مكونات رئيسة ومكونات ثانوية، ولكل منها أثرها في تحديد مواصفات الاسمنت وخصائصه. والمكونات الرئيسة أربعة هي :

الأول هو سيليكات ثلاثي الكلسيوم وتعرف بالأليت وتركيبه الكيميأوي $CaO.SiO_2$. وهو المسؤول الرئيسي عن التصلب المبكر والتماسك الأول في عجينة الاسمنت والماء، ويمكن أن يكون في عدة أشكال بلورية بحسب معدل حرارة تكوُّنه وتبرُّده.

والثاني هو سيليكات ثنائي الكلسيوم وهو البليت وصيغته الكيميأوية $CaO.SiO_2$ وهو بطيء التصلب وله عدة أشكال بلورية ويسهم إسهاماً كبيراً في تماسك الاسمنت، على ألا تزيد نسبته على الحدود المسموح بها.

والثالث هو ألومينات ثلاثي الكلسيوم وهو مركب غير مستقر صيغته الكيماوية $CaO.Al_2O_3$ وينصهر في درجات حرارة تقارب 1539، شره للماء يتفاعل معه بسهولة في حالته النقية، ويطلق كمية كبيرة من الطاقة الحرارية، ويمكن أن يوجد في أشكال بلورية متنوعة. وأهم خواص هذا المركب أنه مسؤول عن عملية الإنجماد والتصلب البدئيين، وتبلغ نسبته في الكلنكر نحو 7– 15٪.

أما الرابع فهو ألومينات حديد رباعي الكلسيوم ويعرف بالسيليت celite وصيغته $CaO.Fe_2O_3.Al2O_3$ ويوجد في الكلنكر بنسبة 8–20٪، وهو مركب سريع التميه في الدقائق الأولى من خلط الاسمنت بالماء، ويعطي الاسمنت لونه الرمادي.

أما المكونات الثانوية فتشتمل على المواد التالية:

الأول هو الكلس الحر، ويعد وجوده في الكلنكر من علامات قلة الجودة ويسمح به في حدود ضيقة، فإذا فاضت نسبته عن الحد المسموح به فقد تتسبب في فساد الصبة الخرسانية (عدم ثباتها) وتمددها.

والثاني هي أكسيد المغنزيوم MgO وتكون موجودة في العادة في المواد الخام المستقدمة من المقالع في صيغة كربونات المغنزيوم MgCO3. وإذا زادت هذه المادة في الخلطة الأولية على 5٪ فإنها تؤدي بحسب نوعية التبريد، إلى تشكيلات بلورية حرة لها خاصية التمدد والانجماد وهي خاصية سلبية تؤثر في نوعية الاسمنت.

والثالث هو قلويات متعددة من نوع أكسيد الصوديوم أو البوتاسيوم موجودة أصلاً في خامات المقالع بنسب متفاوتة، وهي تتداخل مع مركبات الاسمنت الأساسية في أثناء عملية الشيّ وتؤثر إيجاباً في سرعة تكون الكلنكر لأنها تخفض حرارة الشيّ كما تؤثر سلباً في معدات الأفران، وفي الصبات الخرسانية إذ تتحد بركام الحصى والرمل فتسبب تشققات في الخرسانة.

والرابع هو ثالث أكسيد الكبريت SO_3 ويتكون في الكلنكر من مصدرين أساسيين أولهما الوقود المستعمل في الشيّ وهو يحوي نسبة عالية من الكبريت، وثانيهما خامات المقالع التي قد تشتمل على كبريتات الصوديوم أو البوتاسيوم أو الكلسيوم. وتأثير الكبريتات مهم جداً في الاسمنت، وكل زيادة أو نقص في نسبتها تؤدي إلى مشاكل إنشائية.

أما الخامس فيتألف من مركبات ثانوية أخرى تعتمد على طبيعة خامات المقالع كأكسيد التيتانيوم وأكسيد الكروم وأكسيد الفوسفور وغيرها. ولهذه المركبات تأثيرات إيجابية إذا كانت في حدود معينة، وسلبية عندما تزيد على هذه الحدود.

والسادس هو الجص، يضاف الجص (كبريتات الكلسيوم المميّه) $CaSO4.2H_2O$ في أثناء طحن الكلنكر وبعد الشيّ وتكون نسبته 4-6٪ من

الحجم اعتماداً على نسبة ثالث أكسيد الكبريت الموجودة في الكلنكر. ويتم التحكم في كمية الجص المضاف تبعاً لنقاوة الاسمنت وخواصه المطلوبة. والغرض من إضافة الجص ضبط زمن تجمد المزيج الأسمنتي مع الماء والجبلة عند صب الخرسانة أو استعماله ملاطاً لكي يبقى هذا المزيج طرياً قابلاً للتكييف عدة ساعات قبل أن يتصلب. أما إذا كان الاسمنت خالياً من الجص فقد يتصلب المزيج فوراً قبل صبه في قوالبه، كذلك قد تؤدي زيادة نسبة الجص في الاسمنت إلى ارتفاع نسبة التمدد وحدوث تشققات في الصبات الخرسانية.

أما السابع فمواد فعالة سطحياً تضاف إلى الكلنكر والجص، في أحيان كثيرة، مثل البُزّولانات ورماد الخشب والجير المحروق والكلس والرمل وغيرها للحصول على مواصفات نوعية للاسمنت تتماشى مع متطلبات الإنشاء والاقتصاد.

خواص الاسمنت البورتلاندي:

هناك سلسلة من التفاعلات التي تحدث بين مركبات الاسمنت والماء والخلطة التي تضاف إليه عند صب الخرسانة. وأهم هذه التفاعلات هو تميه سيليكات الكلسيوم التي تؤلف هلاماً غروياً، يعرف باسم سيليكات الكلسيوم المائية، تحيط ذراته بكل جزيء من خلطة الخرسانة وتغلفها وتربط الكل في كتلة جلمودية صلبة. وتتحول معظم مكونات الاسمنت إلى مركبات بلورية شديدة التماسك. ويتحدد سلوكها بعوامل كثيرة منها صفات الاسمنت ونعومته ونسبة الاسمنت والماء وتكوين الصبة وطبيعتها والوقت المتاح للتصلب ودرجات الحرارة ووجود الهواء المخلخل في الصبة.

وتتحدد خواص الاسمنت الأساسية بالكثافة واللون والتصلب والميوعة وثبات الحجم والنعومة والمتانة ومقاومة الضغط.

الكثافة: وهي تراوح بين 3-3.2 أما الكثافة الظاهرية فتختلف بحسب نوعية مواد المزيج أي كمية الاسمنت بالكيلو غرام في المتر المكعب الواحد من الصبة، ومتوسط كمية الاسمنت فيها 1280-1440كغ/ م^3.

اللون: يكون لون الاسمنت البورتلاندي رمادياً ضارياً إلى السواد في العادة، ويعتمد اللون على كمية السيليت في الكلنكر وجودة الشي (الشوي).

التصلب setting: من الصعب تحديد خاصة التصلب في الاسمنت بسبب اختلاف نسب مركباته الكثيرة التي تؤثر في تميه الاسمنت، ويمكن تمثيل عملية التصلب مع الماء بعجينة متميعة لا تلبث أن تصبح عجينة متبلورة عالقة في محلول زائد الإشباع ثم تتحول إلى كتلة متماسكة ثابتة من شبكة بلورية كثيفة ومتصلبة.

الميوعة fluidity : يأخذ الاسمنت قوام العجينة الثقيلة عندما تكون نسبة الماء المضاف25 . 35٪، فإذا زادت هذه النسبة تزداد العجينة ميوعة، والعكس صحيح، كذلك تتأثر ميوعة العجينة بمحتوى الاسمنت من ألومينات ثلاثي الكلسيوم، إذ تزداد الميوعة إذا بلغت نسبة هذه المادة 14٪ أو زادت عليها.

ثبات الحجم volume stability : وهو من خواص الاسمنت المهمة إذ يجب أن يبقى الحجم ثابتاً بعد التصلب في حدود ضيقة لكي لا تحدث تشققات أو شروخ في الصبة الخرسانية. ومن أهم أسباب عدم ثبات الحجم ارتفاع نسبة الكلس الحي ونسبة المغنزيوم في الاسمنت إضافة إلى سوء الشي بسبب خشونة خامات المقالع.

النعومة finesse: وهي كذلك من خواص الاسمنت المهمة، فكلما ازداد الاسمنت نعومة ازداد تماسكه البدئي وتحسنت خواصه وتحسن سلوك مواده في التفاعل، وازدادت شراهة العجينة الإسمنتية إلى الماء. وقد يتطلب ذلك زيادة كمية الجص اللازمة لضبط زمن التصلب.

المتانة strength: إن تطور تميه الاسمنت يؤدي إلى انسداد المسام في الكتلة المتصلبة. والمتانة تمنح الاسمنت ميزاته الفيزيائية والميكانيكية. وتعتمد المتانة على العوامل التالية:

- المسامية porosity : وهي في مقدمة العوامل التي تؤثر في متانة الاسمنت، فكلما ازدادت المسامية انخفضت متانة الاسمنت وبالعكس، وترتبط المسامية ارتباطاً وثيقاً بدرجة التميه.
- معدل الماء إلى الاسمنت: وهو يؤثر في القوة الرابطة وفي متانة الاسمنت، ويتعلق هذا المعدل بنوعية الاسمنت المستعمل وحجم الكتلة الإسمنتية وتركيب الاسمنت الكيمياوي والبلوري وطريقة خلطه بالماء.
- الحرارة: إن لدرجات الحرارة تأثيراً مهماً في القوة الرابطة ولاسيما في الأيام الأولى من الإماهة، أما في المراحل المتأخرة فيكون تأثيرها ضعيفاً. وتتناسب القوة الرابطة طرداً مع درجات الحرارة.
- مقاومة الضغط: يُميَّز الاسمنت بمقاومته للضغط بعد يومين وبعد سبعة أيام وبعد ثمانية وعشرين يوماً من لحظة إعداد الخلطة، ويتم ذلك على مواد اختباريه من ملاط نظامي وعينات خراسانية ذات مواصفات خاصة تنص عليها المقاييس الدولية والحكومية وتتبع في ذلك طرائق اختبار فيزيائية وميكانيكية محددة.

أنواع الإسمنت البورتلاندي ومميزاتها:

للإسمنت عامة أنواع كثيرة منها البورتلاندي والأبيض والملون والأمينتي.

وللإسمنت البورتلاندي كذلك أصناف كثيرة منها الإسمنت السريع التصلب، والإسمنت المنخفض الحرارة، والمقاوم للكبريتات، والفقاعي (ذو المسام)، والكتيم، والمقاوم للجراثيم، والألوميني، والنفطي، والمغنيزي، والحديدي، والبزولاني، والقابل للتمدد، وإسمنت الطرقات، والإسمنت المخلوط. وتميز هذه الأصناف في كل دولة بحسب مواصفاتها القياسية والأصول المرعية لديها. وقد يعطى كل نوع منها رمزاً أو رقماً يدل عليه. أما أهم أنواع الإسمنت البورتلاندي فهي:

الإسمنت السريع التصلب: ويتميز بمحتواه المرتفع من الإليت والألومينات التي تزيد في سرعة التميه المبكر وفي مقاومة الإسمنت البدئية بالموازنة بينه وبين أنواع الإسمنت الأخرى، ويستعمل هذا الصنف في الصبات الخرسانية المسبقة الإجهاد وفي الأوساط المائية، وفي الصيانات الطارئة للمشروعات الصناعية.

الإسمنت المنخفض الحرارة: ويتميز بمحتواه المنخفض من الإليت وألومينات ثلاثي الكلسيوم من أجل الإقلال من حرارة تميه الإسمنت. أما الكتلة الأساسية في تركيب هذا الصنف فهي البليت، التي يتميز بتميه بطيء وحرارة تميه منخفضة بالموازنة بينه وبين المركبات الأخرى. ويستعمل هذا النوع من الإسمنت البورتلاندي في الصبات الخرسانية كالسدود والجسور.

الإسمنت المقاوم للكبريتات: ويتميز بمحتواه المنخفض من ألومينات ثلاثي الكلسيوم فلا تزيد نسبتها على 5٪، ولا تزيد نسبتها مع نسبة السليت على 25٪. ويقاوم هذا التركيب تأثيرات الوسط الكبريتي، ولذلك تصنع منه صنوف وتركيبات مختلفة تناسب الأوساط البحرية والمشبعة بالكبريت.

الإسمنت الفقاعي: وهو إسمنت بورتلاندي عادي يحوي إضافات معينة عند طحن الكلنكر تسمح بتخلخل الهواء في الخلطة بنسبة 3–7٪ من الحجم لكي تبقى في الصبة الخرسانية بعد التصلب بلايين الفقاعات الغازية بالمتر المكعب الواحد. والغاية من ذلك تحسين مقاومة الخرسانة للتأثيرات الجوية ولاسيما في حالات تناوب دورات التجمد والذوبان في المناطق المعرضة لمثل هذه العوامل.

الإسمنت الكتيم: ويتم الحصول على هذا الصنف من الإسمنت بإضافة سترات الصوديوم وسترات البوتاسيوم عند طحن الكلنكر، فتتفاعل هذه المواد مع مركبات الإسمنت عند المزج بالماء فتؤلف سترات الكلسيوم غير القابلة للذوبان في الماء، ويغدو الإسمنت كتيماً غير قابل لنفوذ الماء والسوائل فيه.

الإسمنت المقاوم للجراثيم: وينتج من إضافة مواد مقاومة للجراثيم إلى الكلنكر عند طحنه، ويستعمل هذا الصنف في صب أرضيات مصانع الأغذية وجدرانها مثل مصانع الألبان وتعبئة المأكولات، وفي حمامات السباحة.

الإسمنت النفطي: إن الغاية من وجود هذا الصنف من الإسمنت استعماله في عزل أنابيب النفط والغاز والتقليل من التأثيرات الجانبية للمياه والعوامل الأخرى المؤثرة في الأنابيب، لذا يجب أن يكون الإسمنت المستعمل كتيماً تماماً ومقاومتها للتآكل. وتستخدم في صنعه إضافات مناسبة ذات مواصفات معينة، وثمة أصناف كثيرة من هذا الإسمنت تتناسب وأحوال استعماله.

الإسمنت المغنيزي: يتميز هذا الصنف بنسبة عالية من أكسيد المغنزيوم تصل إلى 15٪ مع نسبة مرتفعة من أكسيد الحديد. ويتم إنتاجه بطحن الكلنكر المغنيزي مع الجص. ولهذا الإسمنت أصناف عدة تتناسب مع الأغراض الإنشائية، ويستعمل عادة في كسوة الأبنية وفي الخرسانة المسلحة وفي الصبات تحت التربة.

الإسمنت الحديدي: ويتميز بمحتوى عال من الحديد ومحتوى منخفض من الألومينا. ويضاف إلى تركيبه . في العادة . فلزات الحديد وخبث الأفران العالية، ويستخدم هذا النوع من الإسمنت في الطرقات والأماكن الأخرى التي تتطلب المقاومة ومنع التآكل.

الإسمنت الألوميني: ويتميز بمحتواه العالي من الألمنيوم، ويقرن بأعمال الفرنسي «ببيه» التي توصل إلى تركيبه في الربع الأول من القرن العشرين في بحثه عن إسمنت سريع التصلب مقاوم لتأثير المياه الجوفية، ويتكون هذا الإسمنت من مزيج من المواد الكلسية والبوكسيت (صخر رسوبي يحوي نسبة عالية من الألومينا المميه مع نسب مختلفة من اكاسيد الحديد، وهو الفلز الأساسي للألمنيوم) تسخن حتى الانصهار ثم تبرد ويطحن الناتج من دون إضافات على أن تكون نسبة الألومينات 35–45٪، ومن خواص هذا الصنف سرعة تصلبه العالية التي تمنحه مقاومة كبيرة منذ اليوم الأول للصب. وهو يستعمل في بناء الطرق التي لا يمكن تحويل المرور عنها إلا لمدة قصيرة، وفي المشروعات السريعة الإنشاء، وفي الأوساط الملحية والكبريتية، وفي الخرسانة المسبقة الإجهاد والطرق التي تتعرض للصقيع والثلج، وفي الأفران ذات الحرارة العالية. إلا أن تكاليف إنتاجه مرتفعة ويعادل سعر هذا الإسمنت 3 إلى 4 أضعاف الإسمنت العادي.

الإسمنت البزولاني: ينتج هذا الصنف من الإسمنت بإضافة البزولان إلى الكلنكر والجص بنسب مختلفة بحسب الغرض منه. وتراوح نسبة البزولان في الإسمنت بين 15و50٪، ويستعمل هذا الإسمنت في المناطق الحارة والأوساط الكبريتية وأرضيات المشروعات الكبيرة.

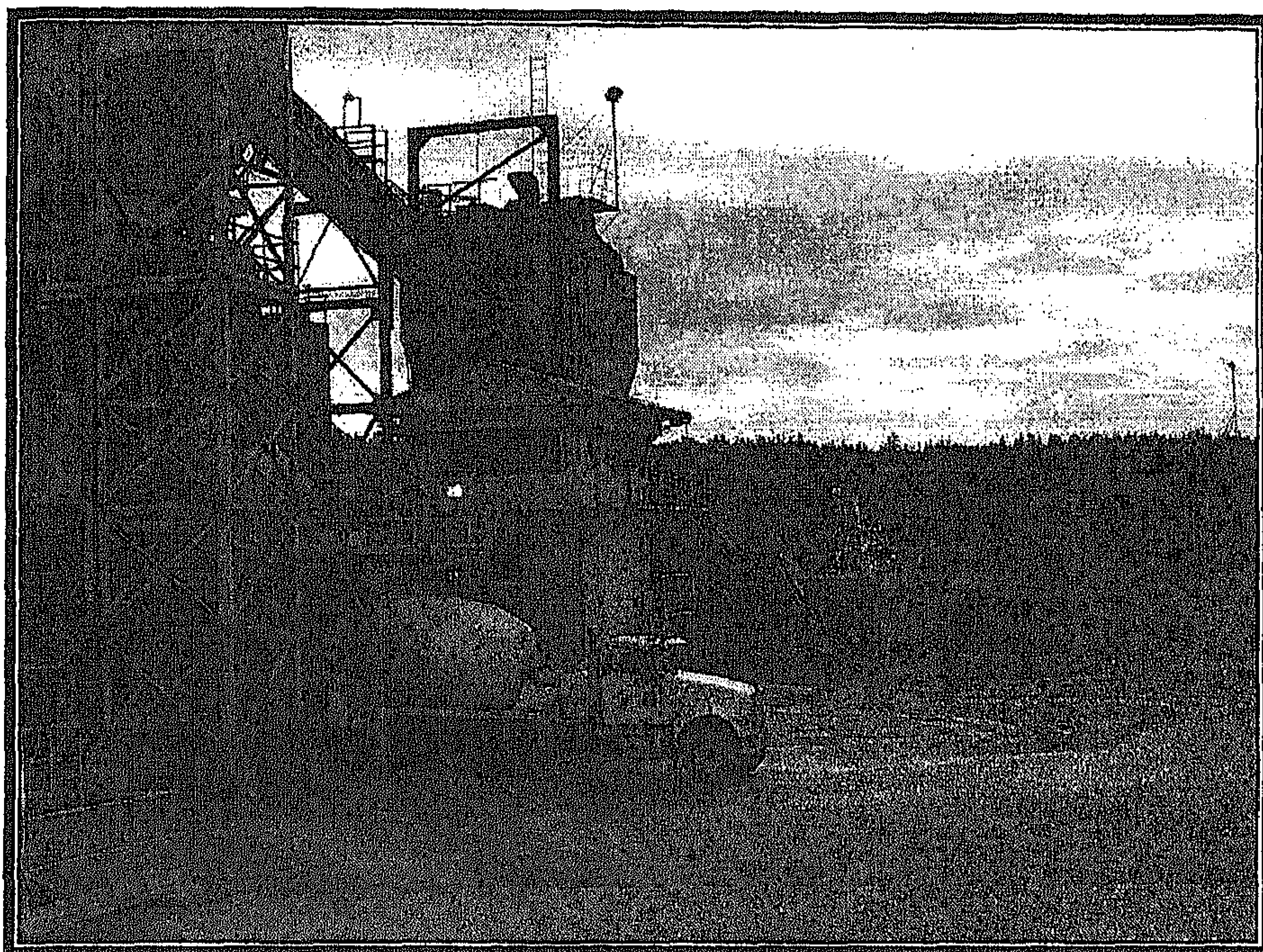
إسمنت الطرقات: وهو إسمنت بورتلاندي عالي المقاومة (500كغ/ سم² بعد 28 يوم)، ونسبة ألومينات ثلاثي الكلسيوم فيه 10٪، ولا يقل الزمن البدئي للتصلب فيه عن ساعتين، ويستعمل هذا النوع في خرسانة الطرق.

الإسمنت القابل للتمدد: وله أصناف مختلفة بحسب نوعية المواد الأولية وطريقة الاستخدام، وقد كان إنتاجه رداً على عيوب الصبات الخرسانية سابقاً، ويعد إنتاجه ثورة نوعية في صناعة الإسمنت. ومن مجالات استعماله المهمة المطارات والسكك الحديدية والأنفاق والمجموعات الإنشائية الضخمة، ومنها كذلك الخرسانة المسبقة الإجهاد كالأنابيب والجدران المسبقة الصنع وغيرها.

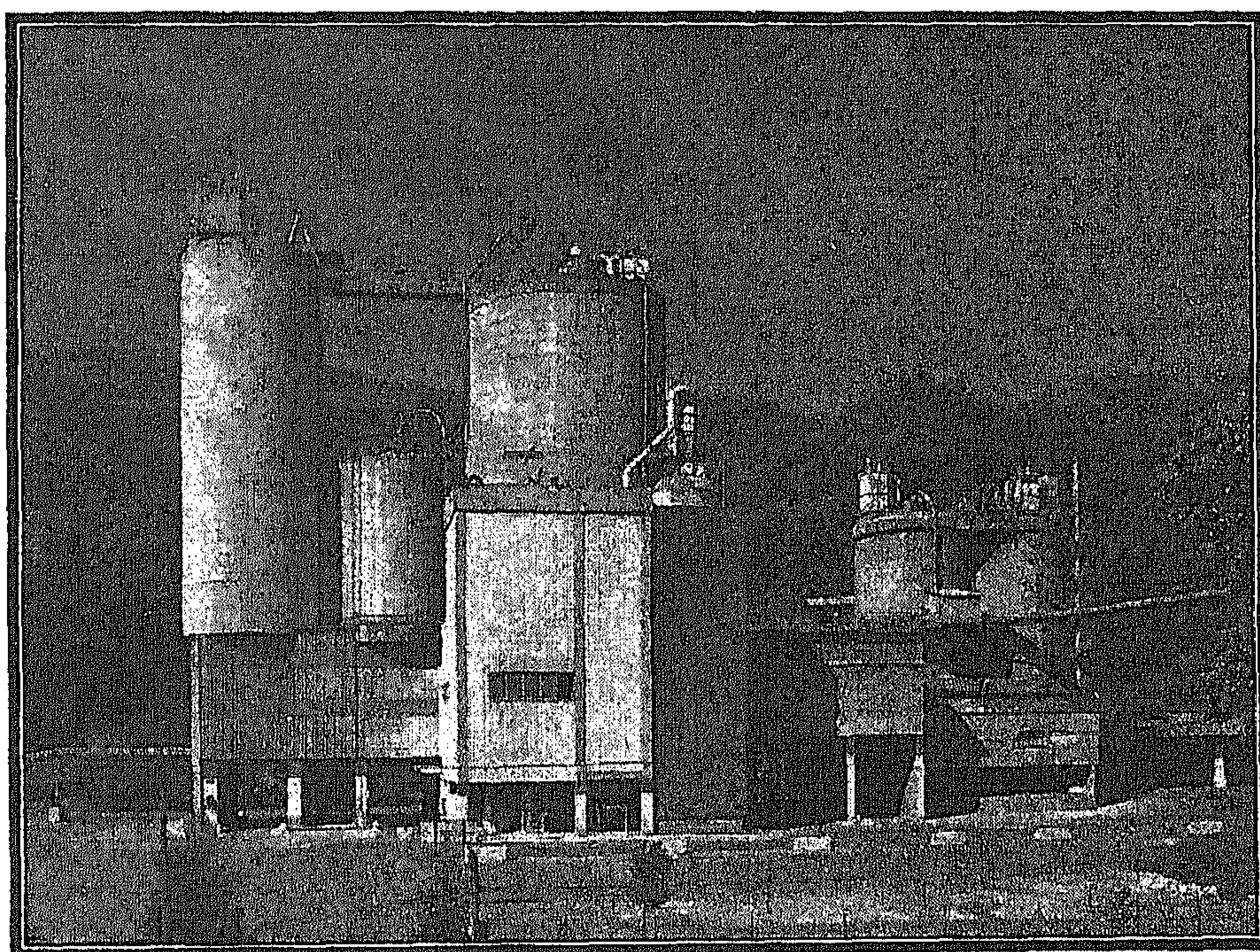
الإسمنت المخلوط: وهو إسمنت من الأصناف السابقة مضاف إليه مواد مالئة أو فعالة سطحياً يُنتج تبعاً للطلب وله أصناف عدة مختلفة الاستخدام كالإسمنت السيليسي والإسمنت البازلتي وغيرهما.

تطور تقنيات صناعة الإسمنت:

ظلت صناعة الإسمنت زمناً طويلاً تعتمد على تقنية بدائية يدوية، وهذا ما جعلها تتطلب الكثير من الأيدي العاملة. ومنذ الحرب العالمية الثانية أدى التطور الشديد في صناعة الإسمنت إلى مكننة المعامل وأتمتة أكثرها حداثة. وفي هذه الأخيرة أخذت العمليات اليدوية وضبط الأفران والمطاحن وكل أجزاء المعمل تتم آلياً. ويتم التحكم فيها أوتوماتيكيا بوساطة معدات إلكترونية. وقد وصل التطور في بعض معامل الإسمنت إلى قيام الحواسيب بضبط تشغيل الأجهزة بدلالة البرامج المحددة اللاقطة المثبتة في نقاط من المكنات والتي تقيس درجات الحرارة والضغوط والصبيب والتركيبات الكيماوية. وقد أدى هذا التطور في اتجاه الأتمتة إلى تحسين نوعية الإسمنت وانتظام إنتاجه. وسبّب أيضاً تزايداً مهماً في الإنتاجية. وتستخدم مصانع الإسمنت المؤتمتة القليل من الأفراد ولكنهم من ذوي الاختصاصات الرفيعة.



أحد مصانع الإسمنت



أحد مصانع الإسمنت

استخدام الإسمنت:

الأسمنت البورتلاندي العادي (OPC):

يستخدم الأسمنت البورتلاندي في الاستخدامات العادية، حيث يناسب جميع الاستخدامات التي لا تتطلب خصائص معينة كالمتوفرة في الأنواع الأخرى. ويستخدم هذا النوع من الأسمنت في الخرسانات الأسمنتية التي لا تتعرض إلى بعض العوامل مثل تغلغل الكبريت الموجود في التربة أو الماء.

الاستخدامات الرئيسية:

تتضمن استخدامات الأسمنت البورتلاندي العادي هياكل الخرسانة المسلحة والجسور وهياكل السكك الحديدية والصهاريج والمستودعات ومجرورات المياه والأنابيب والأرضيات والأرصفة ووحدات البناء.

التخزين

- تخزن أكياس الأسمنت في مكان جاف وتحفظ بعيدا عن الرطوبة.
- ترص الأكياس فوق قواعد خشبية.
- تغطى الأكياس في الأجواء التي تتميز بالرطوبة وسقوط المطر.
- ينصح بعدم وضع أكثر من 8 أكياس فوق بعضها البعض.

الصلاحية

- ستة أسابيع من تاريخ التعبئة، بشرط سلامة التخزين وفق التعليمات سابقة الذكر.
- يجب إعادة اختبار الأسمنت قبل الاستخدام بعد مرور هذه الفترة.

أسمنت بورتلاندي مقاوم للكبريتات(SRC)

ينصح باستخدام الأسمنت المقاوم للكبريتات في الخرسانة المعرضة لتفاعلات الكبريتات الشديدة، ومن ثم ينصح باستخدامه عند احتواء التربة أو المياه

الجوفية على نسبة عالية من الكبريت، كما إنه يتناسب للغاية مع الأساسات المبنية في جميع أنواع التربة.

ترجع قدرة هذا المنتج على المقاومة العالية للكبريتات إلى انخفاض نسبة مكون ألومينات ثلاثي الكالسيوم.

الاستخدامات الرئيسية:

يستخدم الأسمنت البورتلاندي المقاوم للكبريتات خصيصاً في أعمال الخرسانة التي تتعرض لمياه البحار أو التربة ذات نسب الكبريتات المرتفعة، ونظراً لخصائص التربة المصرية، فإن هذا المنتج يعد أفضل الاختيارات لأعمال الأساسات.

التخزين:

- تخزن أكياس الأسمنت في مكان جاف وتحفظ بعيدا عن الرطوبة.
- ترص الأكياس فوق قواعد خشبية.
- تغطى الأكياس في الأجواء التي تتميز بالرطوبة وسقوط المطر.
- ينصح بعدم وضع أكثر من 8 أكياس فوق بعضها البعض.

الصلاحية:

- ستة أسابيع من تاريخ التعبئة، بشرط سلامة التخزين وفق التعليمات سابقة الذكر.
- يجب إعادة اختبار الأسمنت قبل الاستخدام بعد مرور هذه الفترة.

اختبارات الأسمنت تشمل:

أولاً: اختبار تعيين زمن الشك الابتدائي والنهائي.

ثانياً: اختبار مقاومة الضغط للأسمنت.

أولا: اختبار تعيين زمن الشك الابتدائي والنهائي:

الغرض من الاختبار:

تعيين زمن الشك الابتدائي وزمن الشك النهائي للأسمنت وقد نصت المواصفات القياسية على ألا يقل زمن الشك الابتدائي عن 45 دقيقة وألا يزيد زمن الشك النهائي عن 10 ساعات وذلك للأسمنت البورتلاندي العادي والأسمنت البورتلاندي سريع التصلد والأسمنت الحديدي وذلك عند إجراء اختبار جهاز فيكات على عجينة الأسمنت الخالص ذات القوام القياسي.

زمن الشك الابتدائي:

هو الزمن التي يمضى من لحظة إضافة الماء للأسمنت الجاف (بنسبة ماء العجينة القياسية) إلى اللحظة التي تستطيع إبرة جهاز فيكات أن تنفذ في عجينة الأسمنت القياسية بحيث يبعد طرفها مسافة لا تزيد عن (5مم) من قاع قالب جهاز فيكات.

زمن الشك النهائي:

هو الزمن التي يمضى من لحظة إضافة الماء إلى الأسمنت الجاف إلى اللحظة التي تستطيع إبرة جهاز فيكات أن تخترق عجينة الأسمنت بمسافة أقل من 0.5 مم (أي تستطيع إبرة جهاز فيكات أن تترك أثرا لها ولا يظهر أي أثر لحرف الجزء الاسطواني المثبت حولها).

الأجهزة المستخدمة:

يستعمل جهاز فيكات السابق مع استبدال الطرف الاسطواني بإبرة فيكات لتحديد زمن الشك الابتدائي واستعمال إبرة فيكات المثبت بنهايتها الجزء الدائري لتحديد زمن الشك النهائي.

الإمــــاهة

ليس هناك سبب معروف حتى الآن في أن الإسمنت الهيدروليكي يولد قوة رابطة حين خلطه مع الماء، ولكن هناك كثير من المعلومات حول التفاعلات الكيميائية التي تحدث بين الإسمنت والماء، عليه فإنه في جميع أنواع الإسمنت فإنه من المحتمل أن التفاعل الرئيسي التي يحدث هو تحول رباعي سيليكات الكالسيوم إلى هيدارات أحادي سيليكات الكالسيوم.

وأن الشك المبكر هو نتيجة تفاعل ألومينات ثلاثي الكالسيوم، ومن الممكن السيطرة عليه بإضافة كمية قليلة من الجبس إلى الإسمنت في طور التصنيع.

وأن الشك والصلابة لإسمنت خبث الأفران هما تماماً مشابهان للإسمنت البورتلاندي العادي.

إن إماهة الإسمنت البورتلاندي في العموم تتزايد بسرعة في البداية وتتباطأ لاحقاً، وفي المقابل تتنامى القوى في الأعمار المبكرة وتتباطأ في الحصول على القوة بعد ذلك بمرور (5) سنوات تقريباً بعد صناعة الخرسانة.

وتصلب الإسمنت عالي الألومونويا هو نتيجة لتحول سليكات الألومنيوم غير المائية إلى سيليكات الكالسيوم المائية. وزمن الشك لا يمكن تعديله بإضافة الجبس ولكن ممكن التحكم به بالمعالجة الحرارية للكلنكر بعد تبريده.

إن إماهة الإسمنت عالي الألومنيا تكتمل بعد عدة أيام وليس هناك حصول على القوة كما هو الحال مع الإسمنت البورتلاندي، وعلى العكس من ذلك إذا لم تكن الظروف مهيأة فإنه سيكون هناك نقص في القوة للإسمنت عالي الألومنيا المستخدم في الخرسانة.

ماء الخلط:

يعلب ماء الخلط دوراً أساسياً وآخر ثانوي في الخرسانة وذلك على النحو التالي:

1. تساعد في عمليه اماهه الاسمنت حيث تجعل الاسمنت يتفاعل مع المادة (الماء) حيث يكون الناتج الاماهه تكوين مركبات كبريتات البوتاسيوم المائية وتجعل المركبات تتلاحم مع بعضها ببعض. اقل كمية الماء اللازمة لاماهه الاسمنت لكي يكون مركبات تمسك مركبات الركام بعضها ببعض 90جم، كميه الماء ½ كميه الاسمنت فيكون الماء الزائد التي يضاف على الماء اللازم يجعل الركام يجري ف حجينه الاسمنت وذلك يسهل من عمليه التشغيل للخرسانة.
2. تساعد علي بلل سطح جزيئات الركام حيث يكون جزء من الركام يكون جاف فإذا دخل هذا الجزء في الخرسانة يودي إلى امتصاص جزء من الماء الاماهه ويودي إلى عدم إتمام عمليه الاماهه وذلك يضعف من مقاومه الخرسانة.

الدور الثانوي:

1) تغسل حبيبات الركام لتخلص من المركبات العضوية والشوائب.
2) معالجه الخرسانة هي عمليه مهمة حيث فائدة المعالجة جزء من الاسمنت يتفاعل مع ماء الخلط والجزء منه يكون جزء منه خشن لا يتفاعل وعند معالجته بالماء يتفاعل مع الماء وذلك يرفع من مقاومه ضغط الخرسانة.
3) تتجنب حدوث شروخ انكماش الجفاف.

حيث إذا حدث ظروف ولم ترش لمده أسابيع يحدث شروخ انكماش جفاف احتمال حدوثها في البلاطات الخرسانية المسقوفة يكون شروخ عشوائية تكون سطحيه ولنتجنبها بالمعالجة الجيدة للخرسانة. ويجب أن تستمر لمده أسبوع من صب الخرسانة.

أنواع ماء خلط أخرى:

يستخدم أي ماء صالح للشرب كماء خلط ولا يشترط أن يكون الماء الغير صالح للشرب غير صالح للخلط فبعض أنواع الماء الغير صالح للشرب يمكن استخدامها في بعض أنواع الخرسانة.

إذا كان المشروع بعيد ولا يوجد ماء صالح للشرب فيجب إجراء تجربتين قبل استخدامها حيث نحضر مكعبات من اسمنت به ماء غير صالح لشرب واسمنت به ماء صالح للشرب فإذا كان مقاومه الاسمنت الغير صالح للشرب تصل إلى 90٪ أكثر من مقاومة الاسمنت الصالح للشرب فيمكن استخدامه.

ويشترط في ماء الخلط ألا يزيد محتوى الأملاح فيه على:

2.00 جرام في اللتر من الأملاح الكلية الذائبة (T.D.S).

0.50 جرام في اللتر من أملاح الكلوريدات على هيئة Cl.

0.30 جرام في اللتر من أملاح الكبريتات على هيئة SO_3.

1.00 جرام في اللتر من أملاح الكربونات والبيكربونات.

0.10 جرام في اللتر من أملاح كبريتيد الصوديوم.

0.20 جرام في اللتر من المواد العضوية.

2.00 جرام في اللتر من المواد غير العضوية وهى الطين والمواد العالقة.

لا يقل بصفة عامة – الأس الهيدروجيني– (ph) لماء الخلط عن (7) ويجب إجراء تحاليل لمعرفة الرقم الفعلي قبل استخدام الماء.

أما التجربة الثانية زمن الشك:

إذا كان زمن الشك سريع يعتبر عيب وإذا كان زمن الشك بطي يعتبر عيب يجب الالتزام بالكود للدولة بعض الدول حددت أن زمن الشك الابتدائي لا يقل عن 45 دقيقه وزمن الشك النهائي ألا يزيد عن10 ساعات.

فإذا أجرينا علي اسمنت بماء غير صالح للشرب وأخرى صالحه وكان زمن الشك الابتدائي الصالح للشرب 80 دقيقه وكان لغير الصالح للشرب 12دقيقه يمكن استعمال ماء البحر في الخرسانة العادية ولكن بعد إجراء التجارب ولا يمكن استعماله في الخرسانة المسلحة.

درجات القوام:

أ. قوام جاف: نسبه ماء لا تزيد عن 0.4 إلى 0.42 وتكون نسبه الماء: الاسمنت هي 0.4

ب. قوام لدن: تتراوح نسبه الماء من 045 إلى 0.6

ج. قوام مبتل: نسبه الماء إلى الاسمنت اكثر من 0.6

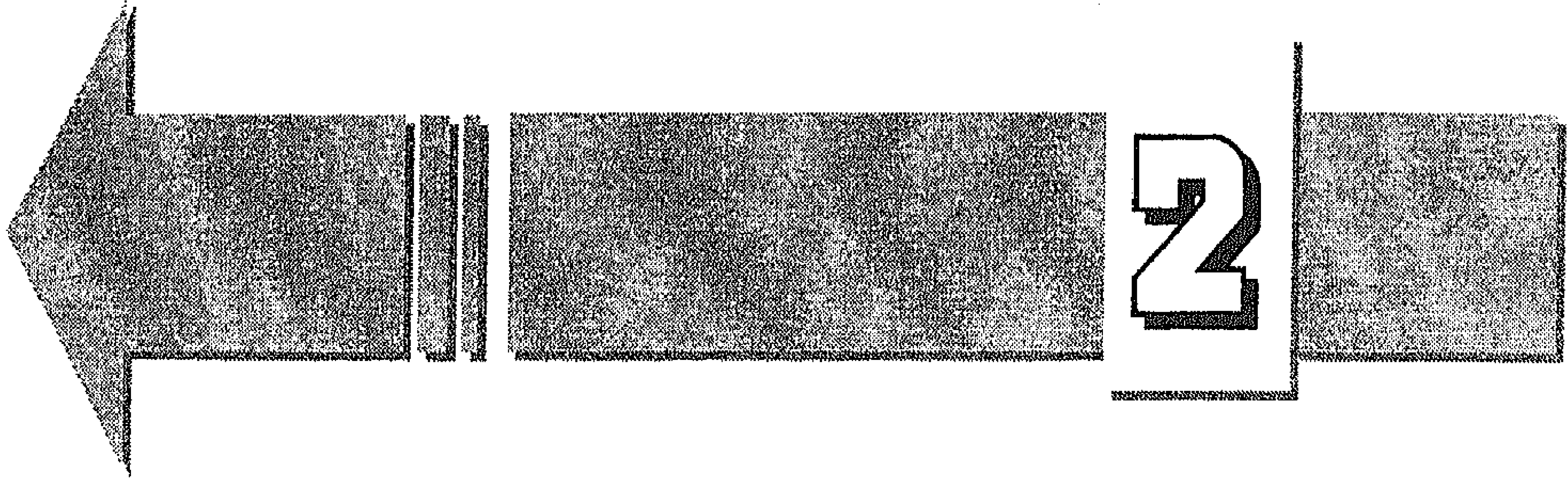
الآثار السلبية لصناعة الإسمنت:

بالرغم من فاعلية مادة الإسمنت في البناء إلا إن صناعته تتضمن سلسة من السلبيات التي تؤثر على البيئة المحيطة به الأمر التي يعرض حياة الكائنات الحية إلى سلسة من الأمراض الخطيرة. فالأمراض الناتجة من جراء صنع الاسمنت والتعامل مع مادة الأمينت، التي هي بمثابة أمراض خطيرة تؤدي إلى الموت ومن بينها: مرض تشبع الرئة بالأمينت ASBSTOSE هو عبارة عن تليف خطي يصيب الشعيبات التنفسية والرئة،ينتج عن استنشاق غبار الأمينت وهذا باختلاف حجمه، إذ أن الجزيئات ذات الحجم المتوسط والكبير أكبر من (10ميكرو) هي أكثر سببا في حدوث عملية التليف. أما طريق الوقاية من هذا المرض الخطير، فيتم العمل في جو رطب أو في أجهزة مغطاة موضوعة في أماكن منخفضة. ويجب على العمال أخذ أقنعة مضادة للغبار. ويجب مراقبة الجو أو الهواء على الأقل مرة واحدة في الشهر. ولا يمكن قبول أي عامل بدون شهادة الكفاءة من طرف طبيب العمال، وهذه الشهادة يجب أن تجدد على الأقل مرة في السنة. ولا يتم قبول العمال التين تقل أعمارهم عن 18 سنة، والتين يعانون من عجز كلي أومن حالة صحية سيئة. كما أن هناك مرض تصون الرئة (Silicoses) هذا المرض ناتج عن استنشاق غبار أكسيد السليسيوم أو السليس الحرSiO، وهذا الأخير هو الوحيد التي يسبب مرض تصون

الرئة، إذ أن الأعمال التي تعطي أغبرة تحتوي عليه، وهو عبارة عن جزيئه قطرها أقل من (5ميكرو)، ويبدأ الخطر عندما تفوق عدد الجزيئات 3000-4000 جزيئه في (السنتيمتر المكعب)، من الهواء. والوقاية من هذا المرض لا يوجد أي علاج بإمكانه أن يوقف من عملية التليف الرئوي. إلا بإبعاد العامل عن المغبرة. كما تفيد الدراسات هناك مرض آخر هو مرض التهاب الجلد، وهذا المرض هو أكثر الأمراض المهنية ويسبب الالتهابات الجلدية والأشخاص المعرضون لهذه الإصابات هم التين يتعاملون مع الاسمنت والحاملين لها في مصنع الاسمنت. حيث تلاحظ هذه الالتهابات على مستوى الرقبة والكتفين للأشخاص الذين يقومون بنقل الاسمنت وخاصة في أيام الجو الحار. للاسمنت شدة قاعدية (10<ph) لذلك لها دور حارق والتهابي على مستوى المسالك التنفسية مسببا التهاب مخاطية الأنف التي يمكن أن يتطور إلى ثقب في حاجز الأنفي والتهاب التشعيبات الهوائية وان كان هذا التعرض للغبار شديد وطويل المدى يؤدي إلى التهابات الشعيبات الهوائية المزمنة (Branchiate).

- ومن الأعضاء الأكثر عرضة للالتهاب الجلد نجد: (الظهر، اليدين، الأصابع، الأظافر، الأقدام، الوجه)، وعلى مستوى العين يؤدي إلى التهابات حادة كالتهاب الأنسجة الضامة والجفون، وتظهر في نوع من الحساسية (كالتهاب العين الحاد، الدموع، ورم يلاحظ على حاجب العين). وللوقاية منه ينصح يجب أن نقلل من اتصال الجلد بالاسمنت باستعمال قفازات والكليمات الحامضية والدهنية. -العناية الجسدية الجيدة مع غسل اليدين بماء نقي - كل لطمه جلدية يجب أن تعالج بصورة جيدة. - يجب على العمال الجدد العاملين بالاسمنت أن يخضعوا لانتقاء طبي، إذ أن الأشخاص التين يملكون بشرة حساسة لا يمكن لهم أن يعملوا في هذه الأماكن. - يجب أن تتوفر في العمال صحة المسالك التنفسية التي يقوم على رعايتها الطبيب خلال عدة فحوصات دورية منتظمة. كما يؤدي التعامل مع الإسمنت إلى التأثير على حاسة السمع لدى الإنسان. ويتم ذلك من خلال الضجيج يشكل غير صحي لعمال المصنع والسكان المجاورين ويستطيع أن يشكل لهم أمراض كارتفاع ضغط الدم. وللحيلولة دون ذلك يجب التدخل على مستوى الآلة أو التجهيز بوضع مواد أو تغيير بعض القطع. - يجب عزل الآلات الأكثر ضجيج في أماكن خاصة. - يجب على العمال ارتداء أقنعة وغلاقات الأذن.

ولمصانع الإسمنت أثاراً سلبية على الحيوانات حيث يكون غذائها مزيج بين العشب والاسمنت، وبالتالي يقضي على دورتها الوراثية. كذلك تشكل مصانع الإسمنت بعض الآثار السلبية على النباتات ومن أخطر سلبيات صناعة الاسمنت هو التأثير السيئ على البيئة وتهديد المجال المحيط به من خلال الإفرازات التي تطرحها الوحدات الصناعية من فضلات غازية وسائلة التي لها تأثير سلبي على الغطاء النباتي كتراكم طبقة سميكة من غبار الاسمنت على أوراق الأشجار فيؤدي هذا إلى إنتاج رديء للخضر والفواكه، إضافة إلى خطر تسمم الإنسان عند تناولها، وكذلك الحيوان عند تناول الأعشاب.



الوحدة الثانية

الركام (الحصمة)

Aggregate

الركام (الحصمة) *Aggregate*

تعتبر الحصمة (الركام) من مواد البناء الهامة التي تنتجها الدول بكميات هائلة تزيد عن مليارات الأطنان نظراً لاستخدامها في العمليات الإنشائية المختلفة والبنى التحتية من طرق وجسور وعمران وغيرها.

تعريف الحصمة: هي مواد حصوية يتم الحصول عليها جراء عمليات تكسير الصخور وتتمثل بالحجوم من 5 – 70 ملم. وبتعبير آخر فإن الركام هو مادة حبيبية خامدة مثل الرمل والحصى والصخور المسحوقة وهي تشكل مع الماء والاسمنت المكونات الأساسية للخرسانة. الركام عبارة عن حبيبات صخرية طبيعية أو صناعية ويمثل الركام في الخرسانة الجزء المالئ ويشغل حوالي 75٪ من حجم الكتلة الخراسانية وهو خامل نسبيا ويفضل أن يكون الركام المستعمل في الخرسانة بصفة عامة متدرج في الحجم. ومن اجل خلطة خرسانة ذات جودة عالية يجب أن يكون الركام نظيف وصلب وقوي وان تكون جزئيات الركام خالية من أي كيماويات ممتصة أو مغطى بأي نوع من أنواع الطين (clay) أو أي نوع من أنواع المواد الدقيقة التي من الممكن أن تساهم في تدهور حالة وجودة الخرسانة.

أصناف الركام:

الركام التي يشكل (60– 70) ٪ من حجم الخرسانة الكلي يمكن إن يتم تقسيمه إلى صنفين: الركام الناعم والركام الخشن.

الركام الناعم بشكل عام يتكون من الرمل الطبيعي أو الصخور المسحوقة بحيث أن حبيبات ذلك الركام يمكن أن تمر من خلال غربال بفتحات ذات أقطار (9.5 مم) أو(8/3) أنش، أما الركام الخشن فتكون حبيباته اكبر من (0.19 أنش) أو (4.75 مم) لكنها بشكل عام تتدرج من (8/3) إلى (1.5) أنش أو (9.5 – 37.5) مم قطراً. يشكل الحصى أغلبية حجم الركام الخشن بينما يشكل الصخر المسحوق باقي الكمية المستخدمة في الخلطة. كما يطلق مصطلح الركام على المواد الحبيبية الصلبة التي تستخدم في الرصف والتي تشمل كسر الحجارة والحصى

والرمل، كما يدخل ضمنها الركام الصناعي الناتج من المخلفات الصناعية مثل خبث الحديد واللدائن وغيرها. ويعتبر الركام المادة الرئيسة في أعمال الرصف حيث يشكل نسبة 70 إلى 75 ٪ من الحجم الكلي لمكونات قطاع الرصف أي ما يعادل 90 إلى 95٪ بالوزن.

الوظيفة الأساسية للركام هي تحمل الإجهادات المختلفة التي يتعرض لها منشأ الرصف من خلال وجوده في طبقات الرصف المختلفة، إذ يستخدم الركام بتدرجات معينة لتكوين طبقات الأساس أو الأساس المساعد الحبيبية والتي قد تكون معالجة ببعض المواد الرابطة مثل الجير والأسمنت أو الإسفلت. الطرق والمطارات ومسارات السكك الحديدية وأحواض ترشيح المياه والتمديدات الطويلة مثل المجاري وخطوط المياه والكهرباء والهاتف وغيرها، كما يستخدم في الخلطات الإسفلتية المكونة للطبقات السطحية وكذلك في الخلطات الخراسانية في حالة الرصف الصلب. ويستخدم في عمل المونة الإسمنتية (الملاط). ويكون الركام جسم الخرسانة التي يستطيع أن يقاوم الأحمال وعوامل البرى وفعل العوامل الجوية المختلفة. ويعتبر الركام مادة مالئة رخيصة نسبيا. ويساعد الركام على تقليل التغيرات الحجمية الناتجة من شك وتصلد عجينة الأسمنت.

وهناك أنواع مختلفة من الحصمة سوف نتناولها بالتفصيل لكن أكثر أنواعها شيوعاً الحصمة المستخرجة من الصخور الجيرية والجرانيت والبازلت وكذلك حصمة الوديان الناجمة عن انجرافات السيول والمتأثرة بالعوامل المختلفة.

مصادر الركام:

يتم الحصول على الركام المستخدم في أعمال الرصف من مصادر طبيعية وأخرى صناعية، فالركام الطبيعي منه ما يوجد في ترسبات طبيعية على سطح الأرض مثل الحصى والرمل الموجود في مجارى الوديان وشواطئ البحار والأنهار، ومنها ما يتم الحصول عليه عن طريق تكسير الصخور. أما الركام الصناعي فيتم الحصول عليه من النواتج الثانوية لمصانع الحديد والصلب في حالة خبث الحديد ومن إعادة تدوير منتجات اللدائن وغيرها.

الجزء الأكبر من الركام المستخدم في صناعة الرصف هو الناتج من كسر الصخور والتي تعتمد جودته على خواص الصخر الأم التي قد يكون صخراً نارياً أو رسوبياً أو متحولاً.

الصخور النارية هي التي تكونت نتيجة لاندفاع الحمم البركانية من باطن الأرض إلى السطح حيث بردت مكونة الكتل الصخرية. وتتميز هذه الصخور بعدم احتوائها على أية حفريات أو ترسبات عضوية ومن أمثلتها صخور الجرانيت والبازلت.

الصخور الرسوبية وتكونت بفعل عوامل التعرية المختلفة حيث تقوم الرياح والمياه بنقل وترسيب المواد المعدنية والعضوية على مر العصور وذلك على هيئة طبقات متتالية، وتتميز هذه الصخور باحتوائها على حفريات ورسوبيات عضوية. ومن أمثلتها صخور الحجر الجيري والرملي.

الصخور المتحولة وهي في الأساس صخور بركانية أو رسوبية تحولت بفعل عوامل الضغط والحرارة إلى صخور متحولة ومن أمثلتها الرخام.

الصخور البركانية والمتحولة صلبة جداً وبالتالي فان الركام المنتج منها يعتبر من النوع الممتاز ويمكن استخدامه لمختلف الأغراض والركام الناتج من صخور الحجر الجيري والدولوميت الرسوبية يكون اقل صلابة من الصخور النارية ومع ذلك فهو مناسب لمعظم الاستخدامات. أما الطفل Shale فيتكون من حبيبات من الطين وهو ضعيف جداً ويتفتت بسهولة عند تعريضه للعوامل الجوية وبذلك فان الركام المصنع منه يعتبر رديء. وينطبق ذلك أيضا على الركام الناتج من الصوان Chert.

يتم إنتاج الركام الصخري في المحاجر في عدة مراحل يمكن تلخيصها في الآتي:

1. فصل الكتل الصخرية عن مصادرها الأصلية بواسطة عمليات التفجير أو القطع ونقلها إلى الكسارات.

2. تفتيت الكتل الصخرية إلى أحجام اصغر نسبياً بواسطة الكسارات على مراحل متعددة للحصول على ركام بأحجام مختلفة.
3. فصل الركام إلى أحجام وتدرجات تتناسب وأعمال الرصف بواسطة مناخل قياسية وتعرف هذه المرحلة بالغربلة Screening.

إلا إن ما سبق لا يوضح تلك العمليات فإنتاج الركام تمر بعدة مراحل خاصة الرخام الحجري المكسر وهي الثقيب، والتفجير، التحميل، النقل، التكسير، الغربلة، والتخزين.

التقسيم العام للركام:

❖ من حيث المصدر:

أ. ركام المصادر الطبيعية:

هو الركام المستخرج من المحاجر الطبيعية بدون أي تغير لحالته الطبيعية ما عدا في بعض الحالات التي تتعلق بالمقاس والتدرج والغسيل أو التكسير.

ب. ركام صناعي:

هو الركام الناتج من مخلفات الصناعة ويتضمن ما يلي:

ركام ناتج بجانب الإنتاج مثل ركام خبث الأفران وركام مخلفات الفحم المحترق.

ركام مصنع وفقا لعمليات معينة لإنتاج مواد تتميز بخفة الوزن مثل الطين الممدد والفرموكليت ركام ملون للخرسانة المعمارية مثل حبيبات الزجاج والسيراميك.

❖ من حيث الحجم (المقاس):

أ. ركام صغير (الرمل):

وهو الركام التي تقل مقاس حبيباته عن (5 مم) أو التي يمر معظمة (95– 100٪) من المنخل مقاس(4.76 مم).

ب. ركام كبير (الزلط):

وهو الركام التي يزيد مقاس حبيباته عن (5 مم) أو هو التي يحجز معظمة (95– 100٪) على المنخل مقاس(4.76مم).

ج. ركام شامـــل:

وهو ركام خليط من الركام الكبير والركام الصغير بنسب معينة تحددها متطلبات التدرج الحبيبي للركام.

❖ من حيث الشكل:

شكل الحبيبات الوصف الأمثلة:

مستديـــرة: حبيبات مدورة نتيجة لتآكلها بفعل المياه أو بعوامل التعرية الأخرى زلط الأنهار – رمل الصحراء أو شواطئ البحار أو رمال منقولة بالرياح

غير منتظمة: غير منتظم ومشكلا تشكيلا جزئيا بعوامل التعرية وله حواف مستديرة زلط الحفر – حجر الصوان.

زاوي ذو حواف حادة واضحة عند تقاطع أسطحه الخشنة جميع أنواع الأحجار المكسرة والخبث.

مفلطح: حبيبات معظمها زاوي ذات سمك صغير بالنسبة لطولها وعرضها الصخور الطبيعية.

عصوي: حبيبات معظمها ذات بعدين صغيرين بالنسبة للبعد الثالث صخور طبقية أو صخور تعرضت لعوامل تعرية بفعل الكسارة.

من حيث حالة السطح:

وصف حالة السطح الصفة المميزة الأمثلة:

1. زجاجي Glassy ركام صدي في مكسر الصوان الأسود.
2. ناعم Smooth ركام مصقول بفعل المياه زلط – رخام – بعض الصخور النارية.
3. حبيبي Granular ركام يظهر في مقطعه حبيبات مستديرة منتظمة تقريبا الحجر الرملي.
4. خشن Rough ركام سطح مقطعه خشن ذو حبيبات رفيعة أو متوسطة ويحتوى على بللورات واضحة بازلت – حجر جيري.
5. بللورى Crystalline ركام يحتوى على بللورات واضحة جرانيت.
6. معشش ومسامي Honeycombed ركام به مسام وتجاويف واضحة الحجر الخفاف والطين الممدد.

من حيث الوزن:

أ. ركام عادي:

مثل الرمل والزلط وكسر الحجارة: وهو الركام المستخدم في الخرسانة المعتادة للمباني والمنشات والوزن الحجمى للركام العادي يتراوح بين (1500 : 1750) كغمم/م^3 والوزن النوعي لهذا الركام في حدود (2.5 : 2.75).

ب. الركام الثقيل:

مثل خام الحديد وقطع الصلب المصنعة ويستخدم هذا النوع في الخرسانة للحماية من الإشعاعات الذرية والإشعاعات الخطيرة.

ج. الركام الخفيف:

يستخدم لصناعة الخرسانة الإنشائية خفيفة الوزن بغرض تقليل وزن المنشأ ومن أمثلة الركام الخفيف الطين الممدد (الليكا) أو الحجر الخفاف والفوم وينتج

مـن اسـتخدام الركـام الخفيـف خرسـانة خفيفـة وزنهـا يـتراوح مـن 300–1850كغمم/م^3.

من حيث المسامية:

ركام كثيف التركيب: مثل الركام العادي والركام الثقيل.

ركام مسامي التركيب: مثل الركام الخفيف والطوب المكسر.

من حيث طريقة التجهيز:

ركام طبيعي: ركام بمقاساته الطبيعية.

ركام كسارة: ركام تم تكسيره ميكانيكيا.

المقاس الاعتباري الأكبر للركام الكبير:

هو مقاس المنخل التي يمر منه (95٪)على الأقل من الركام الكبير وكلما كبر المقاس الاعتباري الأكبر للركام كلما زاد الوزن الحجمي وتحسنت نسبيا مقاومة الخرسانة للأحمال مع وفر في كمية الاسمنت المستخدمة نظرا لقلة المساحة السطحية.

ويتراوح المقاس الإعتباري الأكبر ما بين (19 – 37.5)مم وذلك لأعمال الخرسانة العادية أما في أعمال الخرسانة الكتلية فيستخدم ركام مقاسه الإعتباري الأكبر حوالي (150مم) ولا يفضل استخدام ركام بحجم اكبر من (150مم) لصعوبة مناولته وتشغيله.

ملحوظة: يجب أن يكون المقاس الإعتباري الأكبر اقل من سمك الغطاء الخرساني حتى تحيط الخرسانة بجميع الأسياخ.

التدرج الحبيبي:

هو فصل المقاسات المختلفة من الركام بعضها عن بعض أي تعيين التوزيع الحجمي لحبيبات الركام ويكون ذلك باستخدام التحليل بالمناخل بواسطة

مجموعة من المناخل مرتبة حسب مقاس فتحاتها وموضوعة فوق بعضها البعض بحيث يكون أكبرها مقاسا من أعلى.

وتهدف معرفة التدرج الحبيبي للركام إلى التأكد من مدى مطابقة الركام لحدود المواصفات كما تستخدم نتائج التدرج الحبيبي في تحديد أفضل نسب لخلط الركام الصغير والكبير للحصول على تدرج مناسب للركام بحيث يعطى خرسانة سهلة التشغيل وذات مقاومة عالية للأحمال والعوامل الجوية.

الركام ناقص التدرج:

هو الركام التي لا يوجد فيه مقاس أو أكثر من مقاسات الركام المختلفة ويظهر ذلك بوضوح في منحنى التدرج الحبيبي إذ يمثل الفجوة في مقاسات الركام بخط أفقي.

وقد بينت الأبحاث أن استخدام الركام جيد التدرج يعطى نتائج جيدة للخلطات الخراسانية ذات القابلية للتشغيل المنخفضة بينما استخدام الركام ناقص التدرج للخلطات الخراسانية عالية القابلية للتشغيل قد يؤدي إلى حدوث انفصال حبيبي كما أن مقاومة العوامل الجوية للخرسانة ذات الركام الناقص التدرج تكون أقل منها للخرسانة بالركام المتدرج. وهناك ملاحظة تدعي أن الركام ناقص التدرج:

1. يستخدم الركام ناقص التدرج في الخرسانة لأسباب اقتصادية ويجب في هذه الحالة إجراء تجارب على الخرسانة من هذا الركام للتأكد من صلاحيته لإعطاء المقاومة المطلوبة.
2. يستخدم ركام ناقص التدرج في مناطق معينة أو في خرسانة الركام السطح الظاهر.

من حيث كمية الرطوبة الممتصة:

ويقسم الركام بالنسبة لكمية الرطوبة الممتصة إلى عدة أقسام هي:

1. الركام الرطب المبلل: حيث تتواجد قطرات الماء فقط على السطح الخارجي لحبيبات الركام.

2. الركام المشبع بالماء: حيث تحتوي الفراغات الموجودة في الحبيبات على كمية كبيرة من الماء تصل حد الإشباع ولا يوجد رطوبة على سطح الحبيبات.
3. الركام الجاف في الهواء: حيث أن الفراغات غير مشبعة بالماء ويوجد القليل من قطرات الماء على السطح الخارجي لحبيبات الركام والتي تجف تماماً.
4. الركام المجفف في الأفران: حيث يسخن الركام إلى درجات حرارة عالية تصل إلى 110– 120 مْ بحيث تجفف جميع المياه الموجودة داخل الفراغات أو أسطح حبيبات الركام.

تأثير الخواص المميزة لحبيبات الركام على خواص الخرسانة:

أ. تأثير شكل الحبيبات:

1. الحبيبات المستديرة أفضل أشكال الركام للاستخدام في الخرسانة لأنها أكثر قابلية للانضغاط والكبس عن الركام الزاوي وبالتالي مقاومة أكبر للخرسانة ودرجة تشغيل عالية.
2. الركام الزاوي والغير منتظم الشكل يعطى خرسانة صعبة التشغيل وبالتالي يلزم زيادة كمية الركام الصغير والأسمنت والماء.
3. الركام المفلطح والعصوي: يعطى نتائج غير مرضية في أعمال الخرسانة حيث يؤدي إلى ضعف قابلية التشغيل نظر لزيادة مساحته السطحية كما أنها تضعف مقاومه الخرسانة.

ب. تأثير حالة السطح:

تؤثر حالة السطح على مقاومة الخرسانة فالحبيبات ذات السطوح الخشنة تتميز بأنها تحسن تماسك حبيبات الركام مع عجينة الأسمنت بينما الحبيبات ذات السطوح الناعمة تحسن قابلية الخرسانة للتشغيل أما الركام المسامي ينتج خرسانة ضعيفة نتيجة ضعف تحمله عن الركام المصمت.

تأثير المقــاس:

يجـب أن يكـون الركـام المستعمل في الخرسانة ذو تـدرج جيـد حتـى نـضمن مساحة سطحية مناسبة لا تحتاج إلى كمية كبيرة من الأسمنت:

- استخدام ركام صغير فقط مع عجينة الأسمنت يعطى خرسانة ضعيفة لأن المساحة السطحية للركام الصغير كبيرة (60: 100) سم^2/جم فلا تكفي عجينة الأسمنت لإحداث التماسك المطلوب.
- استخدام ركام كبير مـع العجينـة الأسمنتية يعطـى خرسانة ضعيفة أيضا لان المـساحة الـسطحية للركـام الكـبير صـغيرة (2: 5) سـم^2/جـم ويكـون تماسك الحبيبات على مساحة صغيرة فلا تستطيع مقاومة الأحمال

ثبات حجم الركام:

يقصد بثبات حجـم الركـام قدرتـه علـى مقاومـة الـتغيرات الحجمية نتيجة التغير في حالته الفيزيائية بسبب درجات الحرارة وتكرار البلل والجفاف.

مقاومة الركام للحريق:

يختلـف الركـام في مقاومتـه للحريـق حـسب نـوع الركـام فأفضلها مقاومـة للحريق هو خبث الأفران العالية والحجر الخفاف والطوب المكسر والحجر الجيري ومن الركام قليل المقاومة للحريق كسر الجرانيت والبازلت والزلط السيلسي.

المواد الضارة في الركام:

توجد ثلاث مجموعات تمثل المواد الضارة في الركام وهي:

1. الشوائب العضوية:

توجد بكميات متفاوتة في الركام الطبيعي سواء من المحجر أو من عمليات النقل ويفيد غسل الركام في زيادة المواد الذائبة منها.

ووجودها بكميات كبيرة بالركام يضر بالخرسانة حيث أنها تمنع التماسك وتؤخر زمن الشك وبالتالي تضعف الخرسانة.

2. الطين والمواد الناعمة الأخرى بالركام:

وجود هذه المواد بكميات كبيرة تكون ضارة بالخرسانة لأنها تتطلب كمية أكبر من الماء نظرا لمساحتها السطحية الكبيرة وتغلف الحبيبات فتضعف من تماسكها مع عجينة الأسمنت مما يعمل على خفض مقاومة الخرسانة نتيجة تأخير زمن تفاعل الأسمنت مع الماء بالخرسانة كما تسبب زيادة الانكماش بالجفاف في الخرسانة

وتنص المواصفات القياسية البريطانية (BS882 – 92) على ألا تتعدى كمية الطين والمواد الناعمة في الركام عن المقادير الآتية:

4 ٪ بالوزن من الرمل أو رمل الزلط المكسر.

16٪ بالوزن من رمل الحجارة المكسرة للخرسانة ذات الاستخدام العادي.

9 ٪ بالوزن من رمل الحجارة المكسرة للخرسانة في أرضيات الخدمة الشاقة.

11٪ بالوزن من الركام الشامل من كسر الحجارة.

2 ٪ بالوزن من الركام الكبير أو الزلط المكسر.

وفي حالة زيادة كمية الطين والمواد الناعمة عن النسب المذكورة يمكن استعمال الركام إذا دلت الاختبارات على عدم أضرارها للخرسانة وطبقا للمواصفات القياسية يجب ألا تتعدى كمية الطين والمواد الناعمة بالركام عن المقادير الآتية:

1٪ بالوزن للركام الكبير.

3٪ بالوزن للرمل أو رمل الزلط المكسر.

8٪ بالوزن للركام الصغير من كسر الحجارة.

3. التلوث بالأملاح:

قد يحتوي الرمل من البحار والأنهار على بعض الأملاح ولذلك يجب غسله بالماء العذب لإزالة هذه الأملاح وإذا لم يزال فإنه سوف يمتص الرطوبة من الهواء ويسبب ظاهرة التزهير وهي عبارة عن تكون بقع وترسيبات بيضاء على سطح خرسانة.

الأنواع المحلية لركام الخرسانة:

1. الرمل والزلط:

يعتبر الرمل والزلط الطبيعي أرخص مصدر للركام ويستخرج عادة من مترسبات الأنهار المختلفة أو من الكثبان الرملية مثل.

2. الأحجار المكسرة:

تستعمل الأحجار المكسرة في الأعمال الخراسانية في المناطق التي ينعدم فيها الرمل والزلط أو إذا كانت تكاليف الركام المستورد بالمنطقة عالية ومن أمثلة الأحجار المكسرة الصالحة للاستعمال:

أ. الجرانيت:

صلب ومتين وكثافته عالية ويعتبر من الصخور الممتازة للخرسانة.

ب. البازلت:

الحبيبات المكونة لهذا الصخر صغيرة ويعتبر أيضا من الصخور الممتازة للخرسانة ولكنه غالي الثمن.

ج. الحجر الرملي:

يصلح كركام للخرسانة عندما يكون الحجر صلبا كثافته عالية الحجر الرملي التي مدده اللاحمة كربونات الكالسيوم معرض للتآكل بواسطة حمضي الكربونيك والكبريتيت الموجودين بالجو وعندما تكون المادة اللاحمة غير كاملة يصبح الحجر الرملي مساميا وسهل الكسر وفي هذه الحالة لا يصلح للاستعمال في الخرسانة.

د. الحجر الجيري:

تعتبر أنواع الحجر الجيري الصلدة ذات الكثافة العالية من المواد الصالحة للاستعمال كركام للخرسانة ولكن يجب تجنب الأنواع المسامية غير الصلدة بقدر الإمكان.

3. جلخ الأفران العالية (خبث الأفران):

هو أكثر أنواع الركام الصناعي استعمالا وينتج من الأفران العالية أثناء إنتاج تماسيح الحديد ويتكون من سيليكات الكالسيوم والماغنسيوم وسيليكات الألمونيوم ويصلح في الاستعمال للخرسانات الإنشائية بعد تكسيره بشرط تبريده في الهواء مع استبعاد الخبث المفتت.

4. الطوب المكسر:

يمكن استخدام الطوب المكسر في الخرسانة العادية بشرط ألا تكون عدم القابلية لنفاذ الماء ومقاومة البرى من الخواص المطلوبة ويجب أن يكون نظيف وثابت الحجم وجيد الحرق حتى يعطى خرسانة لها قوة كافية للأغراض المطلوبة ويراعى إزالة الجبس من الطوب القديم قبل تكسيره حيث أن الجبس قد يؤدى غالى تأخير زمن الشك أو تفتت الخرسانة.

5. الفيرموكوليت المنفوش:

هو أحد عناصر مجموعة الليكا ويتم نفشه عن طريق تسخين الخام المجفف المطحون إلى درجة حرارة تصل إلى (980 م) لمدة تتراوح من(4: 8 ثوان) وتتميز حبيبات الفيرموكوليت المنفوش بخفة الوزن والنعومة ويزن المتر المكعب منه من(100: 200 كغمم) ويعتبر عازلا ممتازا للحرارة.

6. الطين المحروق:

يصنع بحرق الطين إلى قرب الانصهار ثم يبرد الطين المحروق ويكسر وينخل للأحجام التجارية المطلوبة ويكون وزنه النوعي (0.6) ووزنه الحجمي (650 كغمم/م^3).

7. الحجر الخفاف:

هو ركام طبيعي خفيف الوزن ويستخدم بأحجام صغيرة حتى مقاس(16 مم) ويصلح كركام للخرسانة الخفيفة على ألا يحتوي على مواد بركانية ناعمة ويعتبر ركام الحجر الخفاف أفضل أنواع الركام الخفيف كعازل للحرارة ولكنه غالى التكاليف لأنه غالباُ ما يكون مستورد.

صلاحية الركام:

لكل دولة من الدول الكودات الخاصة بها ولكن تكاد تتفق معظم الكودات على أنه يجب أن يتوافر في الركام الشروط التالية:

1. يكون الركام الكبير والصغير في الخرسانة من الزلط والرمل أو كسر الحجارة أو خليط منهما وفي جميع الأحوال يجب أن يوفيان بحدود المواصفات.
2. يجب أن يكون ركام الخرسانة من حبيبات الركام الكبير والصغير على أن تكون هذه الحبيبات صلدة وقوية ونظيفة وتامة التدرج.
3. يجب ألا تحتوى حبيبات الركام على مواد ضارة بالخرسانة أو بصلب التسليح مثل الأملاح أو الطين والمواد الناعمة.
4. في حالة استخدام ركام صناعي يجب التحقق من مقاومته وتحمله مع مرور الزمن وخلوه من المواد الضارة بالخرسانة أو صلب التسليح.
5. يجب أن يوفي المقاس الإعتباري الأكبر للركام الكبير الحدود المسموح بها في المواصفات القياسية للدولة مع مراعاة الشروط التي سبق ذكرها.
6. يجب أن تكون الكمية القصوى الكلية لمحتوى الكلوريدات كنسبة من وزن الركام المستخدم كما يلي:

- لا تزيد النسبة عن (0.04٪) للركام الكبير.
- لا تزيد النسبة عن (0.06٪) للركام الصغير.
- لا تزيد النسبة عن (0.05٪) للركام الخليط.

وذلك للخرسانة المسلحة.

أما الخرسانة الإنشائية المعالجة بالبخار أو الخرسانة سابقة الإجهاد فان النسبة لا تتعدى(0.015٪) للركام الشامل.

ولأن الركام بشكل كبير يؤثر على جودة عملية خلط الخرسانة الطازجة وعلى صفات التصلب الخاصة بالخرسانة ويؤثر على نسب الخلط بالإضافة إلى التكلفة الاقتصادية للخرسانة، وكنتيجة لذلك فان اختيار الركام هو عملية مهمة للغاية.

مع أن بعض الاختلافات في صفات الركام يجب أن يتم توقعها إلا أن الخصائص التي يجب أن تتوفر في الركام التي يتم اختياره هي:

1. التدرج الحبيبي.
2. المتانة.
3. شكل الحبيبات وقوام سطح الحبيبات.
4. الحك ومقاومة الانزلاق.
5. وحدة الوزن والفراغات.
6. الامتصاص ورطوبة السطح.

التدرج الحبيبي يقصد به توزيع الإحجام المختلفة لحبيبات الركام. فحدود التدرج وأقصى حجم للركام الخشن مهم للغاية لأنهما يؤثران على كمية الركام التي سيستخدم بالإضافة إلى الحاجة للاسمنت والماء وقابلية التشغيل وقابلية الضخ ومتانة الخرسانة. بشكل عام إن تم اختيار نسبة الماء للاسمنت بشكل صحيح فأن مدى واسع من التدرج يمكن أن يستخدم بدون أن يؤثر هذا على قوة الخرسانة.

عند حدوث فجوة في التدرج فهذا معناه أن هناك حجم معين من أحجام الركام المتدرج قد تم إهماله من أحجام الركام المستخدم. أحيانا يتم إحداث فجوة في الركام عمدا للحصول على قوام موحد في حالة الخرسانة ذات الركام المكشوف، التحكم المغلق لنسب الخلط للركام يحافظ عليه من فقدان تدرجه.

شكل حبيبات الركام وقوام السطح الخاص بها يؤثران بشكل كبير على الخرسانة الطازجة أكثر من تأثيرها على صفات الخرسانة المتصلبة. القوام الخشن وكثرة الزوايا والاستطالة في الحبيبات يحتاج إلى ماء لإنتاج قابلية للتشغيل في الخرسانة أكثر من الحبيبات الناعمة والمستديرة للركام.

بالتالي عندما تزيد نسبة الماء يجب أن تزيد نسبة الاسمنت للوصول إلى نسبة الماء للاسمنت المرغوب فيها. بشكل عام الحبيبات المسطحة والطويلة يجب تجنبها أو يتم تحديدها بالا تزيد عن 15٪ من الوزن الكلي للركام.

وحدة الوزن تقيس الحجم التي يحتله الركام المتدرج بالإضافة إلى الفراغات في الركام. الفراغات الموجودة بين الحبيبات في الركام تحتاج إلى كمية اكبر من الاسمنت لملئها. الركام ذو الزوايا الكثيرة يزيد من حجم الفراغات الموجودة به. استخدام إحجام اكبر من الركام المتدرج بالإضافة إلى تحسين التدرج الحبيبي يقلل من حجم الفراغات الموجودة بالركام.

الامتصاص ورطوبة سطح الركام.يتم قياسهما عند اختيار الركام المناسب للخرسانة لان الركام يتكون في أجزائه الداخلية من أجزاء صلبة بالإضافة إلى فراغات لربما تحتوي على ماء وربما لا. وبالتالي للمحافظة على نسبة الماء للاسمنت المعدة للخرسانة يمكن أن يتم إحداث توازن في هذه النسبة إن تم قياس نسبة الرطوبة في الركام وإضافتها إلى الحسابات الموضوعة للخلطة.

خاصية الحك ومقاومة الانزلاق تعتبران من الخصائص المهمة تبعا لاستخدام الخرسانة المضاف إليها الركام ففي الأسطح التي تتعرض لإعمال عنيفة وثقيلة بالإضافة إلى الأرصفة مثلا فأن خاصية الحك ومقاومة الانزلاق من الخصائص المهمة التي يجب قياسها للركام. يوجد بالركام معادن كثيرة تكحت وتصقل بمعدلات مختلفة وبالتالي فان الركام الاصلب يجب أن يتم اختياره للعمل تحت ظروف حك قاسية للتقليل من كحت.

الفحوصات الفيزيائية والميكانيكية للركام:

القيمة المقاسة / نوع الفحص / الخاصية المقاسة	المواصفات المتبعة / طرق الفحص الركام (الحصمة)
التدرج الحبيبي الحصمة الخشنة والناعمة	§ المواصفة القياسية الأمريكية ASTM C136:2001.
الوزن النوعي وامتصاص الماء للحصمة الخشنة	§ المواصفة القياسية الأمريكية ASTM C127:2001.
الوزن النوعي وامتصاص الماء للحصمة الناعمة	§ المواصفة القياسية الأمريكية ASTM C128:1997.

الفحوصات الفيزيائية للركام والتي تشمل التدرج الحبيبي والوزن النوعي للركام الخشن والناعم يجب أن يضع في الركام الشروط التالية:

أ. يجب أن تكون حبيبات الركام شبه كروية وغير مفلطحة وتفضل الأنواع عديدة الأوجه.

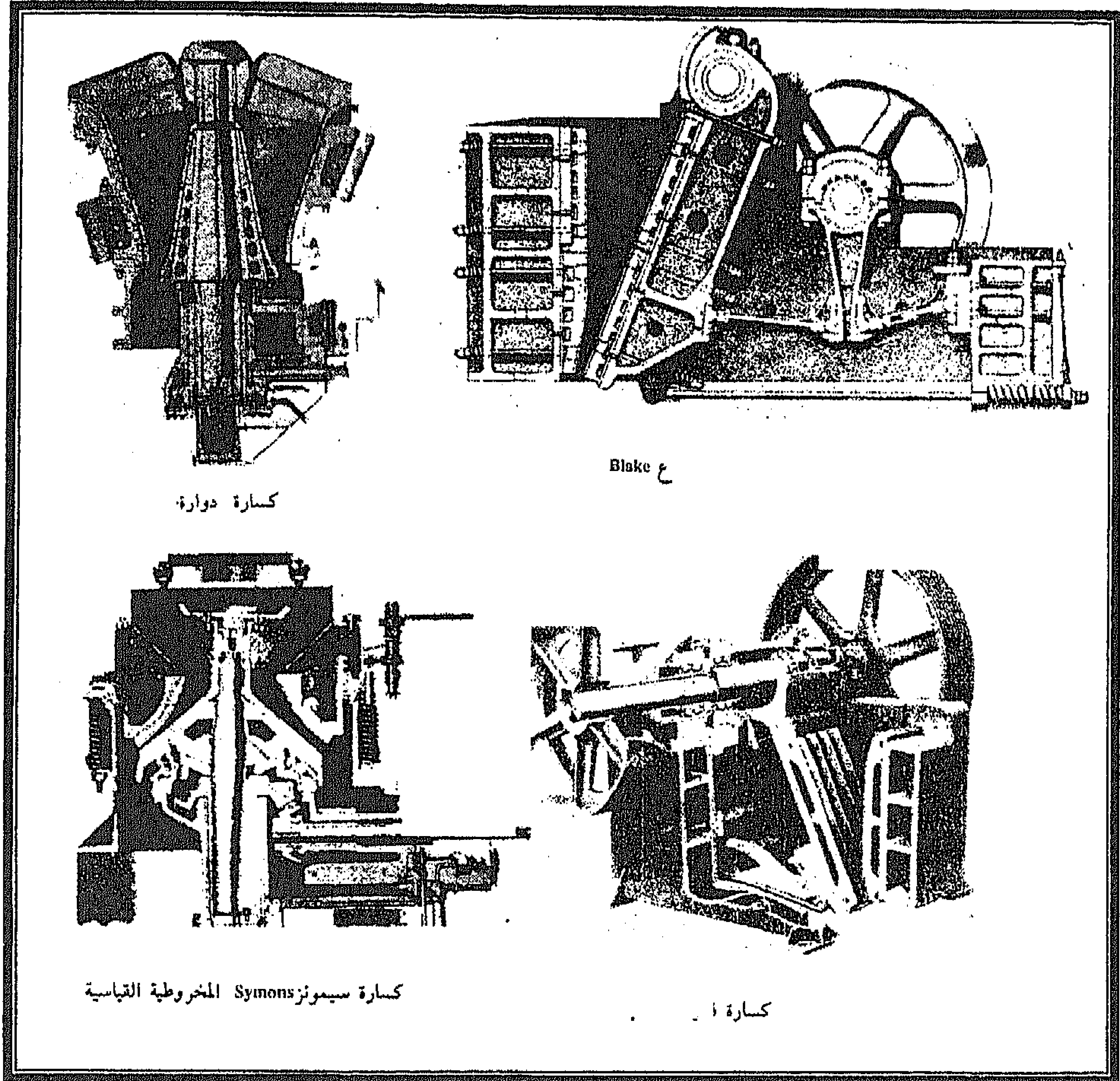
ب. يجب ألا تزيد نسبة الامتصاص عن 5٪.

ج. يجب ألا يقل الوزن النوعي الظاهري عن 2.35

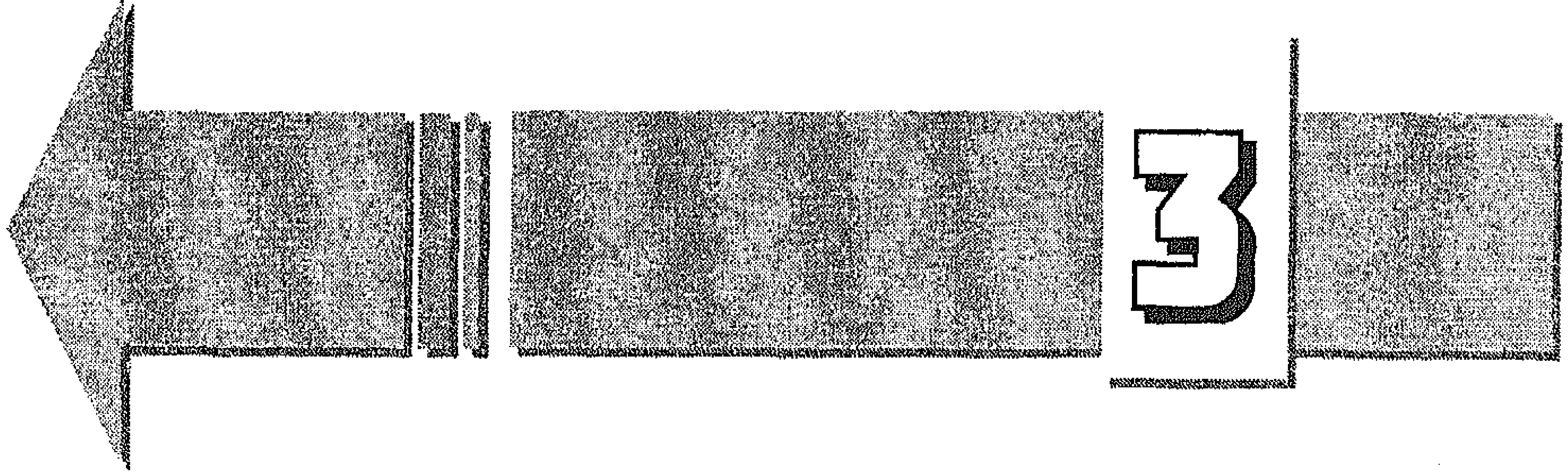
د. يجب ألا تزيد نسبة الفاقد في وزن الركام عند إجراء اختبار الثبات عن 10–12٪ من الوزن.

ه. يجب أن يكون الركام المستخدم في الخلطات الخراسانية متدرجاً ضمن حدود منحنيات التدرج الشامل المرفقة في ملحق رقم 1.

و. يجب أن يخضع الركام للغسيل قبل استخدامه وذلك لضمان خلوه من المواد العضوية والأملاح الضارة.



بعض أشكال الكسارات الخاصة بإنتاج الركام



الوحدة الثالثة

ماء الخلط

Mixing water

ماء الخلط

Mixing water

- ماء الخلط
- النسبة المائية الإسمنتية.
- خواص الماء المستعمل في الخرسانة.
- استعمالات الماء في الخرسانة.
- أثر المواد الضارة على ماء الخلط في الخرسانة.
- نسبة الماء إلى الاسمنت في الخرسانة.
- استعمال الماء في الخرسانة (قبل وخلال وبعد).
- درجات قوام الخرسانة حسب كمية مياه الخلط.
- الآثار السلبية لاستخدام ماء الخلط في الخرسانة.
- ظاهرة النضح.
- العوامل التي تؤثر على ماء الخلط داخل الخرسانة.
- العوامل التي تؤثر على سلوك الخرسانة المعرضة لنظامي التجمد والذوبان.

ماء الخلط

أهمية الماء:

يعتبر الماء من أهم العناصر المكونة للخرسانة وتكمن أهميته في الأدوار الرئيسية والثانوية التي يلعبها الماء في تصنيع الخرسانة. وأ ن الماء ضروري لكي يتم التفاعل الكيماوي بين الاسمنت والماء. وهو ضروري أيضا لكي تمتصه الحصمة المستعملة في الخرسانة. كما يعطي الماء الخليط المؤلف من الركام الخشن والناعم والاسمنت درجة مناسبة من الليونة تساعده على التشغيل والتشكيل. وبوجود الماء يمكن خلط مقدار أكبر من الحصمة بنفس الكمية من الأسمنت. كما أن الماء يعطي حجماً للخرسانة يتراوح ما بين 15– 20٪. والماء ضروري لعمليات إيناع الخرسانة أثناء تصلبها.

النسبة المائية الإسمنتية:

هي النسبة بين وزن الماء الحر المخصص للتفاعل (عدا عن الماء الذي تمتصه الحصمة) إلى وزن الأسمنت في الخلطة. ولضبط نسبة الماء في الخلطة أهمية بالغة وعليها تتوقف قوة الخلطة ومساميتها وانفصالها ونزفها ومقدرتها على مقاومة العوامل الجوية من برودة وحرارة وتآكل حيث أن كثرة الماء تضعف الخرسانة وتسبب الانفصال والتدميع والمسامية وقلة الدوام والإهتراء وقلة التماسك والضعف والتقشر والانكماش والتشقق.

خواص الماء المستعمل في الخرسانة:

1. يكون الماء المستعمل في خلط ومعالجة الخرسانة خاليا من المواد الضارة مثل الزيوت والشحوم والأملاح والأحماض والقلويات والمواد العضوية والفلين والمواد الناعمة سواء كانت هذه المواد ذائبة أو معلقة وخلافها من المواد التي يكون لها تأثير عكسي على الخرسانة من حيث قوة الكسر والمتانة.
2. يعتبر الماء الصافي الصالح للشرب صالحا لخلط الخرسانة وإيناعها.

3. يسمح باستعمال الماء غير الصالح للشرب في حالة عدم توفر الماء الصالح لشرب على أن لا يزيد تركيز الشوائب فيه عن نسب معينة تحددها المواصفات.
4. يحظر استعمال الماء غير الصالح للشرب في خلط وإيناع الخرسانة إلا بعد أن يثبت مخبريا بأن مقاومة مكعبات الملاط (Mortar) الذي جرى خلطه بالماء غير الصالح للشرب تساوي على الأقل (90)٪ من مقاومة نظيراتها والتي جرى تحضيرها باستعمال ماء صالح للشرب وذلك عند عمر (7) أيام و(28) يوم وحسب المواصفات الأميركية رقم ASTM C– 109.
5. يجري تصميم الخلطة الخرسانية في المختبر باستعمال نفس الماء غير الصالح للشرب والذي سيجرى استخدامه في الخلطات الخرسانية بالموقع.

استعمالات الماء في الخرسانة:

هناك ثلاث استعمالات للماء في الخرسانة وهي:

1. خلط الخرسانة.
2. غسل الركام.
3. معالجة الخرسانة

1) خلط الخرسانة:

أ. يكون الماء المستعمل في خلط الخرسانة نظيفا وخاليا من المواد الضارة مثل الزيوت والأحماض والمواد العضوية والأملاح وكذلك الطين والطمي وأي مواد تؤثر تأثيرا متلفا على مكونات الخرسانة أو حديد التسليح.

ويشترط في ماء الخلط ألا يزيد محتوى الأملاح فيه على:

2.00 جرام في اللتر من الأملاح الكلية الذائبة (T.D.S).

0.50 جرام في اللتر من أملاح الكلوريدات على هيئة CL.

0.30 جرام في اللتر من أملاح الكبريتات على هيئة SO_3.

1.00 جرام في اللتر من أملاح الكربونات والبيكربونات.

0.10 جرام في اللتر من أملاح كبريتيد الصوديوم.

0.20 جرام في اللتر من المواد العضوية.

2.00 جرام في اللتر من المواد غير العضوية وهي الطين والمواد العالقة.

ب. لا يقل بصفة عامة – الأس الهيدروجيني –(PH) لماء الخلط عن (7) ويجب إجراء تحاليل لمعرفة الرقم الفعلي قبل استخدام الماء.

ج. يعتبر الماء الصالح للشرب – باستثناء الاشتراطات البكتريولوجية – مناسبا في جميع الأحوال لخلط الخرسانة. وفي حالة عدم توافره يمكن استعمال ماء من مصادر أخرى لخلط ومعالجة الخرسانة بشرط استيفاء الشروط الواردة سابقا وذلك بالإضافة إلى ما يلي:

1. لا يزيد زمن الشك الابتدائي لعينات الأسمنت المجهزة بهذا الماء بأكثر من 30 دقيقة على زمن الشك الابتدائي لعينات بنفس الأسمنت جهزت بالماء الصالح للشرب وعلى ألا يقل زمن الشك الابتدائي بأية حال عن 45 دقيقة.

2. لا تقل مقاومة الضغط لمكعبات المونة القياسية بعد 7 و28 يوما والتي استعمل فيها هذا الماء عن 90٪ من مقاومة الضغط لعينات مماثلة جهزت بماء خلط صالح للشرب عند نفس العمر. مع استخدام القالب القياسي لاختبار المونة القياسية في كلتا الحالتين.

3. يجب عند تصميم الخلطة الخرسانية استخدام نفس نوع الماء الذي يستخدم في الخلط عند تنفيذ المنشأ وذلك في مراحل كل من الخلطات المختبرية التجريبية والتأكيدية.

د. لا يسمح على الإطلاق باستخدام ماء البحر في خلط الخرسانة المسلحة بجميع أنواعها.

ه. يجوز استعمال ماء البحر – عند الضرورة – في خلط الخرسانة العادية بدون تسليح على أن يتم تصميم خلطة بنفس الماء مع زيادة محتوى الأسمنت في

الخلطة للوصول إلى المقاومة المطلوبة للخرسانة وبشرط عدم ملامستها لسطح خرسانة مسلحة مع توافر الخبرة السابقة في استخدام ماء البحر.

و. كمية ماء الخلط: توجد مشاكل بالنسبة لماء الخلط الصالح للخرسانة ومدى توفره وخاصة في الصحارى ومناطق ندرة المياه العذبة كما أن تحديد كمية المياه اللازمة للخرسانة تعتبر مشكلة تقابل المهندس حيث تتراوح نسبة الماء إلى الأسمنت بين 35٪ إلى 60% وتتوقف على ما يأتي:

1. درجة التشغيل المطلوبة للخرسانة الطازجة التي تتطلب قواما معينا لغرض معين (جافة – لدنة – مبتلة).
2. نوع العمل الهندسي نفسه – خرسانة رصف الطرق تحتاج إلى ماء خلط أقل من الخرسانة المسلحة.
3. كمية الأسمنت المستخدمة بالخلطة الخرسانية أي مدى غنى الخلطة الخرسانية بالأسمنت.
4. طريقة دمك الخرسانة فالدمك الميكانيكي باستخدام الهزازات الميكانيكية يحتاج إلى كمية ماء أقل من الدمك اليدوي.
5. نوع الركام ومدى تدرجه الحبيبي ومقدار مساحته السطحية وأقصى مقاس له.الخلطات الخرسانية التي تحتوى زلط صغير تحتاج إلى زيادة ماء الخلط.
6. درجة حرارة الجو ومقدار رطوبته النسبية.

ز. نتائج زيادة ماء الخلط:

1. حدوث انفصال حبيبي للخرسانة الطازجة.
2. حدوث ظاهرة النضح (Bleeding) وما يصاحبها من تواجد طبقة الأسمنت اللبانى على سطح الخرسانة وتعرف هذه الظاهرة بالزبد (Laitance).
3. خرسانة متصلدة ذات فراغات.
4. صعوبة وصل الخرسانة القديمة بالخرسانة حديثة الصب.

5. صعوبة صب الخرسانة في الأجواء شديدة البرودة.

6. وجود طبقة ترابية بسطح البلاطات الخرسانية.

2) غسل الركام:

يستخدم الماء الصالح في عمليات غسل الركام والتي تكون عادة بغرض إزالة المخلفات من الطين والمواد الناعمة والأملاح والمواد العضوية والتي تعلق بأسطح الحبيبات ويلاحظ أن استعمال ماء غير صالح لغسل الركام قد يؤدي إلى أضرار تماثل تلك التي تنشأ عند استعمال هذا الماء في الخلط وذلك لأنها تمنع الالتصاق وتقلل التماسك.

3) استخدام الماء في معالجة الخرسانة:

المعالجة: هي إحدى الطرق التي تساعد الخرسانة في الحصول على المقاومة المطلوبة وكذلك تساعد الخرسانة على مقاومة العوامل الجوية وقد اتضح أن استخدام مواد جيدة وبنسب صحيحة ليس ضمانا كافيا للحصول على خرسانة ذات خواص حسنة إذا ما أهملنا مرحلة المعالجة. والمعالجة الكاملة تضيف إلى خواص الخرسانة خاصية المقاومة للبرى وكذلك تحسين مقاومة النفاذية للسوائل. والماء المستعمل في الخلطة الخرسانية يوزع كالآتي: (يمتص جزءا منه بواسطة حبيبات الركام – جزءا لتحسين درجة التشغيل – الجزء الهام هو إتمام عملية إماهة الأسمنت).

مما سبق يتضح أهمية المحافظة على هذا الماء داخل الخرسانة بواسطة المعالجة بالماء ويتم ذلك بمنع الخرسانة من الجفاف لمدة ثلاثة أيام على الأقل ويمكن الحصول على نتائج أحسن بامتداد فترة المعالجة لمدة 14 يوما. وتتم المعالجة بالماء بالرش أو الغمر أو بالخيش المبلل ويجب ألا يحدث الماء المستخدم في المعالجة بقعا أو تزهيرا أو ترسيبا أو أي ظواهر غير مقبولة على سطح الخرسانة.

أثر المواد الضارة في ماء الخلط على الخرسانة:

تسبب آثار سلبية للخرسانة:

1. التراب أو المواد الناعمة التي تدخل بالماء الخلط وتسبب: تخلص حبيبات الركام وتمنع تماسك الحبيبات مع بعضها ببعض وتأخر زمن الشك، ز تسبب تغيرات حجميه وتضعف مقاومه الاسمنت.
2. المواد العضوية: أوراق الأشجار والزيوت والشحوم والسكر: إذا دخلت يحدث تأخر في زمن الشك. وتمنع تماسك الحبيبات مع بعضها ببعض وتسبب تغيرات حجمية.
3. الأملاح: إن الأملاح الهيبوكرسكوبية لها أثر واضح في تزهر سطوح الخرسانة حيث تتكون طبقة خفيفة بيضاء هشة الملمس على السطح الخارجي للخرسانة أو الجدران سواء كانت من الخرسانة أو حتى الطوب، نتيجة لحركة الماء الذي يحمل الأملاح عبر مسامات الخلطة الخرسانية لاتجاه السطح، وكذلك فإن من أهم أسباب صدأ الحديد هو وجود الأملاح التي تؤدي بالتالي إلى تصغير مساحة مقطع الحديد المستخدم في الإنشاءات.

استعمال الماء في الخرسانة:

يستخدم الماء في الخرسانة قبل عملية الخلط للأسباب التالية:

منها ترطيب حبيبيات الركام وغسل الخلاطات ورش خشب الطوبار.

يستخدم الماء في الخرسانة أثناء عملية الخلط للأسباب التالية:

1. تساعد في عملية اماهه الاسمنت حيث تجعل الاسمنت يتفاعل مع المادة (الماء) حيث يكون الناتج الاماهه تكوين مركبات كبريتات البوتاسوم المائيه وتجعل المركبات تتلاحم مع بعضها ببعض، اقل كمية ماء لازمة لاماهه الاسمنت لكي يكون مركبات تمسك مركبات الركام بعضها ببعض 90غم، كمية الماء ½ كمية الاسمنت. فيكون الماء الزائد الذي يضاف على الماء اللازم

يجعل الركام مع الاسمنت وذلك يسهل من عمليه التشغيل للخرسانة. الأمر الذي يشكل عجينة الخرسانة. ولا يؤدي إلى تكتل الركام

2. تساعد علي بلل سطح جزيئات الركام حيث يكون جزء من الركام يكون جاف فإذا دخل هذا الجزء في الخرسانة يؤدي إلى امتصاص جزء من الماء الاماهه ويودي ع عدم إتمام عمليه الاماهه وذلك يضعف من مقاومة الخرسانة.
3. تغسل حبيبات الركام لتخلص من المركبات العضوية والشوائب
4. معالجه الخرسانة هي عمليه مهمة حيث فائدة المعالجة جزء من الاسمنت يتفاعل مع ماء الخلط والجزء منه يكون جزء منه خشن لا يتفاعل وعند معالجته بالماء يتفاعل مع الماء وذلك يرفع من مقاومة ضغط الخرسانة.
5. تتجنب حدوث شروخ انكماش الجفاف.

حيث إذا حدث ظروف ولم ترش لمدة أسابيع يحدث شروخ انكماش جفاف احتمال حدوثها في البلاطات الخرسانية المسقوفة يكون شروخ عشوائية تكون سطحيه ولنتجنبها بالمعالجة الجيدة للخرسانة. ويجب أن تستمر لمده أسبوع من صب الخرسانة.

أما إذا كان زمن الشك سريع يعتبر عيباً من عيوب الخرسانة وإذا كان زمن الشك بطي يعتبر عيباً من عيوب الخرسانة أيضاً.

وسبق أن أشرنا أن زمن الشك الابتدائي يحدد من قبل كود خاص بكل دولة ولكنه يغلب عليه أنه لا يقل عن 45 دقيقه وزمن الشك النهائي لا يزيد عن 10 ساعات.

درجات قوام الخرسانة حسب كمية مياه الخلط:

- قوام جاف: نسبة الماء لا تزيد عن 0.40 إلى 0.42 وتكون نسبة الماء إلى الإسمنت هي 0.4
- قوام لدن : تتراوح نسبه الماء من 0.45 إلى 0.6
- قوام مبتل : نسبه الماء إلى الاسمنت أكثر من 0.6

الآثار السلبية لاستخدام ماء الخلط في الخرسانة:

هناك بعض الآثار السلبية لاستخدام ماء الخلط إذا لم تكن مدروسة بحيث يجب أن نضع باعتبارنا

إن نسبه الماء إلى الاسمنت هي 0.4 وإذا زاد كان خرسانة مبتلة وإذا قل كانت جافة. كما أن الدمك الآلي يعطي مقاومة أعلى من الدمك اليدوي وكلاهما لا يؤثر على مقاومة ضغط الخرسانة. كما أن

الدمك الآلي يتخلص أكثر من 90٪ من الفراغات الموجودة في الخرسانة، أما الدمك اليدوي فهو يتخلص من 50٪ من الفراغات الموجودة في الخرسانة. كما أن قوه تحمل الخرسانة للعوامل الجوية تبقى ضعيفة. كما أن هناك تغيرات بعدية مما يؤدي إلى حدوث شروخ عند زيادة الماء. كما أنه إذا زادت نسبة الماء تصبح الخرسانة منفذه للسوائل، وكل ما زادت كميه الماء داخل الخرسانة تصبح الخرسانة أكثر نفاذية للسوائل.

ظاهره النضح:

بعد صب الخرسانة في القوالب الخشبية نجد أنه ضمن الخمس ساعات الأولى نجد أن سطح الخرسانة يظهر عليه الماء بعد عملية الدمك والتسوية وهذا ما يسمى عملية النضح الأمر الذي يؤدي إلى إضعاف مقاومة الخرسانة.

العوامل التي تؤثر على ماء الخلط داخل الخرسانة:

هناك عدة عوامل تتحكم وتؤثر على ماء الخلط داخل الخرسانة وأهمها ما يلي:

1. نوع العمل الإنشائي أي أن خرسانة الطرق غير خرسانة المباني.
2. كمية الماء عند صب الخرسانة فالخرسانة المستخدمة في الجسور تختلف عن الخرسانة المستخدمة في المباني أيضاً.
3. درجه دمك الخرسانة اليدوية غيرا لآلية.
4. المساحة السطحية وكمية الاسمنت ونوع الركام والتدرج الحبيبي أي خواص الركام.

5. التدرج الحبيبي للركام ناعم جدا أم ناعم أو متوسط.
6. درجه حرارة الجو فمثلا عند 20 درجة س غير عند 40 درجة.

يستخدم الماء في الخرسانة بعد عملية الصب والتسوية للأسباب التالية:

1. رش السطوح الظاهرية للقوالب كي لا تمتص المياه من الخلطة الخرسانية فتصبح الخلطة جافة.
2. رش سطوح الخرسانة بالماء بعد فك الطوبار مباشرة لتعويض كمية الماء التي ستتبخر من سطح الخرسانة نتيجة العوامل الجوية، أو تعمل أحواض من الماء خاصة لمعالجة الأسقف الخرسانية.
3. رش أماكن الترميم في سطوح الخرسانة بعد فك القوالب للمحافظة على عدم تكسر هذه الأماكن.

العوامل التي تؤثر على سلوك الخرسانة المعرضه لظاهرتي التجمد والذوبان...

- **تأثير محتوى الماء والأسمنت C/W...**

تؤثر النسبة محتوى الماء والأسمنت Water Cement Ratio على عملية التجمد والذوبان في الخرسانة حيث نجد أنه كلما زادت النسبة بين الماء والأسمنت كلما زاد تأثير التجمد والذوبان على الخرسانة.

- **تأثير محتوى الفراغات Void Ratio...**

والتناسب بين محتوى الفراغات وظاهرة التجمد والذوبان عكسي فكلما زادت نسبة الفراغات في الخرسانة كلما قل تأثير التجمد والذوبان على الخرسانة، وذلك لأنه عندما يحدث تجمد للماء داخل الخرسانة يزيد حجم الماء وهذه الزيادة كما ذكرنا سابقاً تُحدث ضغط داخلي على الخرسانة وعند وجود فراغات داخل الخرسانة تستوعب هذه الفراغات الحجم الزائد وبالتالي يقل الضغط على الخرسانة.

- تأثير الهواء المحبوس Air Entrained...

فراغات الهواء المحبوس يجب أن تكون كافيه بالقدر الكافي الذي يعطي مساحه كافيه لتمدد المياه أثناء مرحلة التجمد دون حدوث ضغط على الخرسانة.

- تأثير الركام Aggregate Effect...

يعتبر الركام من أهم مكونات الخرسانة حيث أنه يساعد على الثبات الحجمي للخرسانة كما أنه يزيد من مقاومة الخرسانة وتحملها مع مرور الزمن Durability وبالتالي يجب الحرص على استخدام المقاس المناسب من الركام في الخرسانة وذلك للحصول على خرسانة جيده.

ونجد أنه في حالة استخدام ركام كبير يؤدى ذلك إلى وجود نسبه عاليه من الفراغات وفي حالة تشبع الخرسانة بالماء وحدوث عملية تجمد لهذا الماء يؤدي ذلك إلى الضغط على الركام بدرجه كبيرة وهذا الضغط يؤدي إلى حدوث إجهادات تشوه Destructive Stress وبالتالي حدوث تدهور للخرسانة.

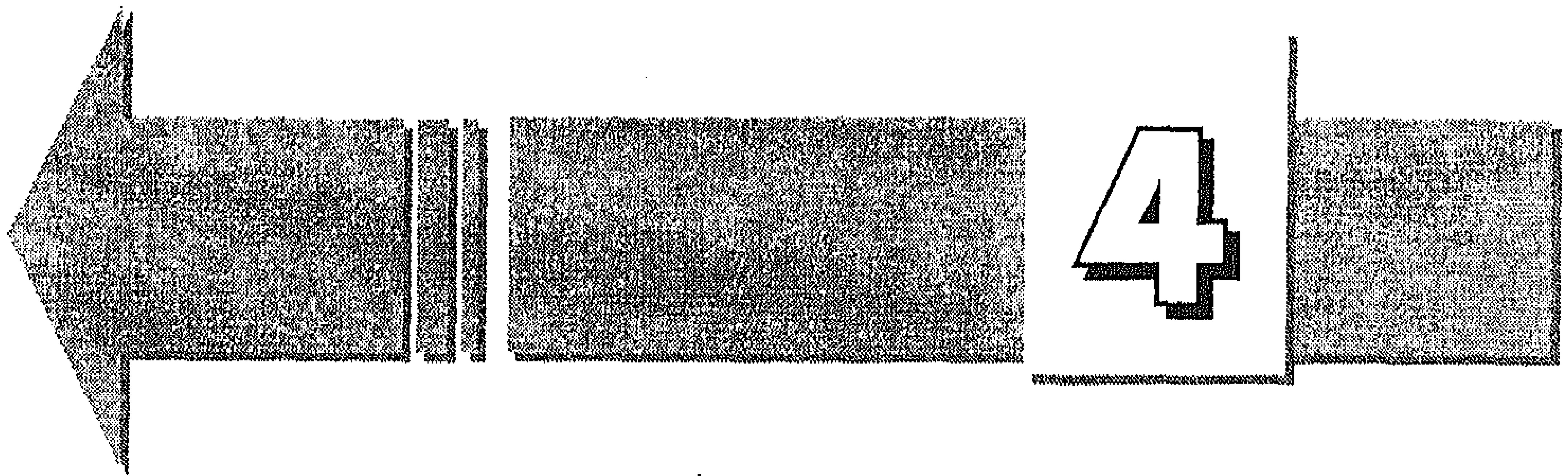
أما في حالة الركام الصغير نجد أن مساميته تكون أقل من الركام الكبير وبالتالي تكون نسبة الفراغات أقل فنجد أن تأثير ظاهرة التجمد والذوبان تكون أقل عن تأثيرهما في حالة الركام الكبير.

- تأثير النفاذية Permeability...

كلما زادت نفاذية الخرسانة كلما زاد تأثير ظاهرة التجمد والذوبان على الخرسانة.

- تأثير درجة الحرارة Temperature...

كلما قلت درجة الحرارة كلما كان تأثير ظاهرة التجمد والذوبان على الخرسانة كبير.



الوحدة الرابعة

المواد المضافة إلى الخرسانة

المواد المضافة إلى الخرسانة

مع تطور صناعة الخرسانة أصبح استخدام المواد المضافة عملاً أساسياً لما تقوم به من تحسين خواص الخرسانة وإكسابها ميزات جديدة تتناسب والأغراض والمتطلبات لها.

تعريف المواد المضافة:

الإضافات هي عبارة عن مواد أو تراكيب من عدة مواد تضاف للخرسانة أثناء الخلط لتحسين خاصية أو أكثر من خواص الخلطة الخرسانية. وإكسابها ميزات جديدة تتناسب مع الأغراض والمتطلبات لها سواء كان تجهيزها بواسطة محطات الخلط المركزية أو مصانع الخرسانة المسبقة الإجهاد أو الخلط الموقعي وتطور استخدام المضافات فأدخلت في صناعة الطوب والبلاط لتقليل الهالك أو للحصول على نوعيات ذات اجهادات عالية.

المواد المضافة للخرسانة هي التي تكون خلاف مكونات الخلطة الخرسانية المكونة من ماء واسمنت وركام أي أن المادة تضاف إلى ماء الخلطة قبل أو بعد الخلط لإعطائها خواص مطلوبة في ظروف العمل، علما بأن هناك مواد تضاف بعد مدة من الزمن أي أن الحاجة إليها سواء للتشققات الخرسانية أو غيرها من المشاكل الخرسانية، بحيث تكون جميع المواد المضافة للخرسانة مصنفة طبقا للمواصفات الأمريكية (ACI COMMITTEE 212).

الهدف من الإضافات:

أ. تعجيل زمن الشك للحصول على مقاومة أكبر.

ب. رفع وتحسين قابلية للتشغيل.

ج. في حالة الجو الحار تكون فائدة المواد المضافة لإبطاء الشك.

د. لمقاومة التآكل والتحمل.

ه. لتحسين التماسك بين الخرسانة القديمة والجديدة.

و. إنتاج نوع من الخرسانة الخفيفة الوزن.

ز. تعمل على زيادة ثبات الخرسانة.

ح. تعمل على تقليل النفاثية.

ط. الحصول على خرسانة مقاومة وعازلة للماء أو مقاومة للكيماويات أو للاحتكاك.

ي. الحصول على اجهادات مبكرة وعالية.

ك. للحصول على خرسانة خفيفة

ل. الحصول على خرسانة ذات معامل مرونة عالية واجتهادات تماسك كبيرة.

م. رفع وزيادة قوه الخرسانة وديمومتها.

شروط المواد المضافة:

يجب أن تحقق المواد المضافة عدداً من الشروط هي:

1. محققة للأمان الخرساني المطلوب.
2. يجب أن تكون اقتصادية التكاليف.
3. يجب أن لا تكون مضرة للخلطة الخرسانية أو المبنى.
4. يجب أن لا يكون لها تأثير على نسب الخلط.
5. أن لا تؤثر على الخواص الطبيعية والميكانيكية والكيميائية لمكونات الخلطة الخرسانية.
6. أن لا يؤثر استخدامها وتداولها على الإنسان (الصحة العامة).
7. أن لا تترك أثراً على سطح المنتج الخرساني (لوناً مثلاً).
8. أن تفي بالغرض الذي أضيفت من أجله إلى الخلطة الخرسانية.
9. أن تستخدم بنسبة معينة (قليلة) (1– 3٪) فقط من وزن الإسمنت.

مضار المواد المضافة:

إن لهذه الإضافات مضاراً لذلك يجب عدم استعمالها إلا في الحالات الضرورية وحسب تعليمات الشركة المصنعة وبأقل الكميات. ومحاولة الاعتماد على تحسين خواص الخرسانة بتعديل مكوناتها الرئيسية.

إن الغرض من عملية المعالجة للخرسانة هو المحافظة على نسبة من ماء الخلط الذي يضاف للخرسانة عند خلطها مدة من الزمن تسمى فترة المعالجة حتى تستمر عملية إماهة الأسمنت وكذا المحافظة على درجة حرارة الخرسانة عند درجة معينة أعلى من درجة التصلد.

وقد تتم المعالجة بتغطية سطح الخرسانة بطبقة من الرمل أو الطين المبلل أو بالحصير أو بالخيش أو طلاء سطح الخرسانة المعرض للجو بأنواع من الطلاء يجف مباشرة ويكون طبقة غير منفذة للماء (وغالباً يكون هذا الطلاء من مشتقات البلاستيك)، وغالباً ما تؤدي هذه الطرق إلى تغير لون سطح الخرسانة.

وأما الطرق الحديثة لحفظ الماء من التبخر فتكون بتغطية السطح بطبقة من البرافين أو البيتومين أو الورق غير المنفذ للماء. ومن أفضل المواد التي تضاف إلى الخرسانة إلى الخرسانة بغرض المعالجة هو كلوريد الكالسيوم.

أنواع الإضافات:

بالرغم من تعدد أنواع الإضافات وأسمائها التجارية إلاّ أنها تندرج أساساً ضمن ثلاث مصنفات رئيسية هي:

1. إضافات مسرعة للتفاعل.
2. إضافات مبطئة للتفاعل.
3. إضافات مقللة للماء.

أنواع الإضافات:

إضافة تعجيل الشك ACCELERATORS: عمل هذه الإضافة هو تقصير زمن الشك حيث تقوم بجعل الخرسانة تشك قبل حدوث الأضرار الناتجة من تجمدها بعد الصب مباشرة.

إضافة مبطئة للشك PETARDERS: وهي التي تقوم بإبطاء الشك للأسمنت في ظروف الأجواء الحارة تقوم بتقليل معدل نمو المقاومة.

إضافة مواد تقلل مياه الخلط (W.R.A) WATER REDUCING AGENT: هذه المادة تعمل على تقوية مقاومة الانضغاط وتعطي قابلية للتشغيل وتقلل كمية الأسمنت مع ثبات مقاومة الضغط والقابلية للتشغيل، وأيضا لها دور في تلافي الزيادة غير المطلوب في كمية الماء أثناء الخلط والصب في الموقع وتستخدم المادة في صب الأساسات في حالة ارتفاع منسوب المياه الجوفية أو سقوط الأمطار.

إضافة مادة مضادة للبكتريا ANTI PACTERIAL ADMIXTURES: تستخدم هذه الإضافة في الخرسانة الأرضية وخرسانات الحوائط التي توجد فيها البكتريا التي سببت لها البكتريا التآكل. وإضافة هذه المواد إلى أي نوع من أنواع الأسمنت فإن الأسمنت الناتج يسمى أسمنت مضاد للبكتيريا. وهذه الإضافات تكون ذات تركيز وقوة لمنع النشاط الحيوي للكائنات الدقيقة كالبكتيريا والعفن (الكائنات الميكروبيولوجية) ويستخدم هذا الأسمنت في عمل خرسانة الأرضيات أو الحوائط لأحواض السباحة أو أرضيات مصانع الألبان ومصانع حفظ المأكولات وخلافه بالإضافة أن الأسمنت يحفظ الأرضيات من فعل البكتيريا فإنه أيضاً يحفظ الأرضية من التآكل بفعل بعض الأحماض.

إضافة الهواء المحبوس AIR ENTRAINING AGENT: ويكون عملها بخلط كمية معينة من هذه الإضافة إلى الخلطة الخرسانية فينتج مجموعة كبيرة من الفقاعات الهوائية ميكروسكوبية منتظمة التوزيع على سطح الخلطة فتؤثر هذه الفقاعات على الخرسانة الطازجة من حيث قابلية التشغيل والنضج، وأيضا تؤثر على الخرسانة المتصلدة من حيث التجمد والنفاذية ولها تأثير في زيادة المتانة والتحمل وتساهم في تخفيف وزن المنشأ وعملها أنها تستخدم في الطرق وممرات الطائرات والخرسانة الخفيفة (الفوم).

إضافات لحقن الخرسانة FLEXIN: وهي ماد تحقن في الخرسانة المسلحة في حالة وجود تشققات وعيوب في أجزاء المبنى وخاصة التي تحت الأرض المعرضة للرطوبة بحيث تقوم هذه المادة المقاومة لتأثير التآكل وهي مرنة وتتحمل درجة الحرارة وسريعة الجفاف بعد الاستخدام ومناسبة.

إضافة مادة البيتومين BITUMENE: هذه المادة لها دور في حماية المنشآت من المؤثرات الخارجية كالرطوبة والأمطار والمياه الجوفية وذلك لتلافي الأملاح والكبريتات.

إضافة المادة الملونة للخرسانة COLOURED CONCRETE ADMIXTURES: تتطلب بعض الأعمال المعمارية أن تكون الخرسانة ذات سطح ملون ولذلك يلزم إضافة مواد ملونة للخلطة التي تصب منها طبقة رقيقة على سطح الخرسانة. وهذه الإضافات عبارة عن أكاسيد معدنية ومواد أخرى متشابهة، ويشترط فيها أن تكون خاملة كيميائيا وعدم تغير ألوانها عند التعرض لأشعة الشمس تضاف المادة الملونة للخلطة التي تتطلب أن تكون الخرسانة ذات سطح ملون وخاصة للخرسانة العادية ومن أمثلتها ثاني أكسيد المنغنيز وأكسيد أيدروكسيد الكروم.

آليات الإضافة:

تتم إضافة المواد إلى الخرسانة أثناء طحن مادة الإسمنت أو بعد عملية طحن الإسمنت أو مع الخلطة الخرسانية أثناء إجراء عملية الخلط للمواد المكونة للخلطة.

مواد الإضافات المتنوعة:

تتنوع مواد الإضافات لتشمل كثيراً من قطاع الإنشاءات وفي أجزاء ومراحل مهمة منها:

1. إضافات الخرسانة:

تحسين قدرات ومزايا إضافية للخرسانة.

2. إضافات المونة الأسمنتية Admixture for Mortar.

لزيادة قوتها وتحسين مواصفاتها إجمالا وقوة التصاقها واستخدمها بسماكات صغيرة أو للعزل (في المباني – اللياسة – الترسيمات – طبقات الاسكرين للأرضيات – العزل والسد).

3. أنظمة الفواصل Joints sealant and covers:

تحتوي على فاصل تمدد أول فواصل إنشائية لفرص تعبئة وسد وعزل هذه الفواصل وحمايتها من الرطوبة والأتربة والحشرات حيث تتميز بخاصية الالتصاق والمرونة العالية (تمدد وانكماش) كما تتغير مقاومتها العالية للمياه والكيماويات في حالة المنشات الصناعية وتندرج منها عدة أنواع: (رثان – البيتومينية – الاكريليك) ومجالات استخدامها في (الأساسات– جدران استنا دية– أسقف – مسابح – خزانات – سدود – جسور – أرضيات– أغطية فواصل التمدد حسب الاحتياجات– إلخ).

4. وسائد إنشائية (معدنية – مطاطية Structural Bearings).

تستخدم في المنشات ذات الاحتياج الإنشائي لوسائد مثل الجسور المعلقة وغيرها.

5. الحماية من الصدأ Corrosion protection:

وهي عبارة عن أنظمة دهانات خاصة لحماية وعزل المنشات الخرسانية أو المعدنية المعرضة لعوامل بيئية وتشغيلية قاسية مثل محطات التحلية – أو معالجة المجاري – أو المنشات البحرية.

6. معالجة وتحسين الأسطح :Surface improvements:

وهي عبارة عن أنظمة تطوير ومعالجة أسطح التشطيبات.

7. لاصق وربط البلاط: Tile Adhesive & Grout

عند استخدام البلاط بمختلف أنواعه في المساحات المعرضة لرطوبة دائمة أو مغمورة بالمياه فإنه يحتاج لمواد لصق وربط ذات كفاءة عالية تقاوم هذه الظروف لفترات قياسية كالمسابح والمطابخ والنوافير وغيرها......

8. أنظمة ترميمات ومعالجات الخرسانة والمباني Concrete Repair systems

هي عدة مواد تستخدم لأعمال ترميم وإعادة تهيئة المنشات الخرسانية والمباني وهي مواد ذات أسس تكوين مختلفة (بوليمرية – ايبوكسية) تستخدم لمعالجة جميع حالات الترميم مثل (التعشيش – الإهتراء – الشروخ – حقن – التآكل من الصدأ .... الخ). وتتم المعالجات بأشكال مختلفة حسب حالة الترميم ومتطلباتها (مونة – حشو – حقن – ذاتية الانسياب– عديمة الانكماش) وتأتي على أشكال مختلفة مونه (إسمنتية – اكريليكية – بوليمرية– ايبوكسية – مضاف – سائل ربط أو حقن).

ونظرا لأن موضوع إضافات الخرسانة تحديداً له من الأهمية الكبيرة فسوف نتناول هذه الإضافات بالتفصيل:

كلوريد الكالسيوم (Calcium Chloride):

إن إضافات كلوريد الكالسيوم للخرسانة له تأثيرات مفيدة كثيرة على بعض خواص الخرسانة الطازجة والمتصلدة وفيها يلي توضيح لأثر كلوريد الكالسيوم على الخرسانة:

أ. الشك الابتدائي والنهائي:

فإنه يلاحظ انخفاضاً في زمن الشك الابتدائي وكذلك تأثيره على مقاومة التماسك بين الحديد والخرسانة عند درجات الحرارة العادية والمنخفضة عند إضافة كلوريد الكالسيوم للخلطة الخرسانية بنسبة 2٪ من وزن الأسمنت.

ب. المقاومة المبكرة:

يكسب كلوريد الكالسيوم الخرسانة مقاومة مبكرة بدون تقليل المقاومة النهائية وهذه ميزة هامة لأسباب عديدة منها:

- تقليل زمن فك الشدات إلى النصف.
- يؤدي سرعة فك الشدات إلى الاستعمال المبكر للمبنى.

ج. الحماية من تأثيرات الجو البارد والرطب:

- تتأثر نسبة زيادة مقاومة الخرسانة بدرجة الحرارة حيث تكون المقاومة القصوى المطلوبة عند درجة الحرارة 37.7م كما تغير واضح في المقاومة إذا انخفضت درجة الحرارة.
- هنا تظهر فائدة كلوريد الكالسيوم حيث يجعل الخرسانة وكأنها في طقس معتدل وهذه الفائدة ترجع إلى زيادة الحرارة المتولدة من التفاعل وثباتها مع أن استعمال كلوريد الكالسيوم في درجات الحرارة العادية يؤدي إلى الحصول على المقاومة المطلوبة عند نصف الزمن إلا أنه لوحظ أن النسبة المئوية للزيادة في المقاومة تكون أكبر لدرجات الحرارة المنخفضة فمثلاً في درجة حرارة 21.1 درجة مئوية تحصل الخرسانة المعالجة بكلوريد الكالسيوم على مقاومة في يوم واحد تعادل ما تكسبه الخرسانة الغير معالجة في ثلاث أيام.
- ويجب ملاحظة أن كلوريد الكالسيوم لا يعتبر مانعاً للتجمد ولذلك يجب إتباع إجراءات الوقاية في الأجواء شديدة البرودة لفترة من 3 – 7 أيام.

د. فوائد إضافية لكلوريد الكالسيوم:

- تزيد المقاومة النهائية للخرسانة بالإضافة إلى زيادة المقاومة المبكرة ولقد أظهرت التجارب زيادة مقدارها 9٪ في فترة ثلاث سنوات.
- زيادة قابلية التشغيل للخرسانة الطازجة مع الاحتفاظ بنسبة الماء إلى الأسمنت (م/ س).

هـ. الحصول على خرسانة ذات كثافة عالية:

- زيادة مقاومة سطح الخرسانة للتآكل وباستعمال كلوريد الكالسيوم تكون المقاومة الناتجة مماثلة لتلك التي نحصل عليها من المعالجة من بواسطة الخيش المبلل لمدة ثلاث أيام.
- يقلل فقدان الرطوبة أثناء الخلط ويساعد على تسهيل عملية الخلط مع الماء.

ملاحظات خاصة بشأن استخدام كلوريد الكالسيوم

- يضاف كلوريد الكالسيوم إلى الماء ولا يجب إضافة الماء إلى كلوريد الكالسيوم حيث أن صب الماء على كلوريد الكالسيوم سوف ينتج عنه تكون طبقة سطحية جافة من الصعب إذابتها.
- لا يجب إضافة كلوريد الكالسيوم بأكثر من النسب المطلوبة.
- يستخدم كلوريد الكالسيوم على هيئة محلول أو بودرة (مسحوق).
- في حالة إضافة كلوريد الكالسيوم بهيئة البودرة فإنه يجب إضافته للخرسانة قبل تفريغ الخرسانة من الخلاطة بمدة كافية لضمان توزيعه بانتظام على أجزاء الخلطة وعلى ذلك فإنه يجب خلط الخرسانة لمدة عشرين دوراً للتأكد من جودة الخلطة.
- يجب عدم حدوث تلامس بين كلوريك الكالسيوم ولأسمنت الجاف.
- عند استعماله في المناطق الحارة يجب تغطية الخرسانة.
- يزيد معدل مقاومة الخرسانة الناتجة والمضاف إليها كلوريد الكالسيوم في الثلاثة الأيام الأولى ولكن يقل معدل هذه الزيادة في الأيام التالية

المواد البوزولانية (Pozzolanic Material):

وهي الخامات السيلسية والألومينية التي تتصف بأنها ليست ذات قدرة لاصقة أو أسمنتية إلا أنها تتفاعل مع الجير في وجود الماء لتكون مواد ذات خواص إسمنتية وهي تتواجد في الطبيعة كخامات معدنية كما يمكن تحضيرها صناعياً.

وعند خلط أنواع جيدة من المواد البوزولانية مع الأسمنت البورتلاندي نجد أنها تحسن الخواص التالية:

قابلية التشغيل ومقاومة منفذية الماء ومقاومة فعل الكبريتات ومقاومة التشقق ومقاومة التشقق ومقاومة الضغط ومقاومة تأثير الركام القلوي ومقاومة القابلية للذوبان والتآكل ومقاومة الانكماش الحراري.

أنواع المواد البوزولانية:

أ. الخامات الطبيعية:

- الطفلة والطين (Clay& Shale).
- المواد الأوبالية (Opaltine Materials).
- الرواسب البركانية (Volcanic Tuffs).

ب. الخامات الصناعية:

- رماد الفحم (Fly Ash) ويستخرج من أفران المحطات الحرارية التي تستخدم الفحم كوقود.
- رماد الطين الطفيلي الزيتي المحروق: وهذا النوع من الطين يكون أصلاً محتوياً على كمية من زيت البترول ويحرق كوقود والرماد الناتج هو الذي يمكن استخدامه.
- الطوب المحروق- الطوب الحراري المطحون- خبث الأفران العالية (المبرد فجائياً بالماء والمبرد بالهواء)

ومن ملاحظات استخدام هذه المواد:

- مقاومة الشد أعلى بعد مرور وقت طويل تحسين المقاومة للتشقق.
- مقاومة الضغط أقل بعد مرور وقت قصير وتقريباً متساوية بعد مرور وقت طويل تعطي مقاومة مناسبة لجميع أغراض الاستخدام العادي.
- حرارة الاماهة أقل يقل الانكماش الحراري والتشقق عند انخفاض الحرارة.
- قوام العجينة أحسن أقل تشققاً.
- مقاومة الكبريتات تزداد هامة للاستخدامات البحرية والتربة القلوية.
- قابلية التشغيل تتحسن هامة عند الخلط بالركام والماء.

بعض الإضافات الشائعة الاستخدام واستعمالاتها الرئيسية:

1. إضافة للإسراع بشد الخرسانة (Accelerator) كلوريد الكالسيوم للإسراع في شد الخرسانة (وهو غير مفضل إلا إذا اقتضت الضرورة).
2. إضافة لدخول فقاعات هوائية مقاس حوالي 1مم داخل (الخرسانة Air Entraining) شمع عسلي – زيوت– أحماض البترول – الصابون – شحوم لتسهيل العمل بالخرسانة ومقاومة التجمد في البلاد الباردة– كذلك تقلل من كمية المياه المستعملة.
3. إضافة لتلوين الخرسانة (Coloring) أكاسيد كيميائية للتحكم في اللون المطلوب للخرسانة.
4. إضافة لسهولة تشغيل الخرسانة (Workability) بودرة السيليكا والكالسيوم ليساعد على سهولة تشغيل وتشكيل الخرسانة
5. إضافة لتأخير مدة الشك في الخرسانة (Retarder) النشا– السكر– والأحماض يؤخر من مدة الشك في الجو الحار
6. إضافة لمقاومة المياه (Water repellant) مكونات الأسيرات والميكا يقلل من امتصاص الخرسانة لمياه المطر أو خلافه ولكن يقلل من قوتها.

ومن أمثلة إضافات الخرسانة نستعرض مادة من هذه المواد بكافة معلوماتها التفصيلية:

مادة ADDICRETE BVD:

التعريف: إضافة عالية التركيز لتحسين قابلية التشغيل وزيادة المقاومة مع زيادة زمن الشك للخرسانة.

المواصفات القياسية: الأديكريت بي في دي يفي باشتراطات المواصفات القياسية الأمريكية ASTM C 494 Types B,D والألمانية .DIN 1045

وصف المنتج: إضافة للخرسانة سائلة بنية اللون جاهزة للاستعمال لحظية الذوبان في الماء أساسها مادة جلوكونات الصوديوم.

مجال الاستعمال: يستعمل الأديكريت بي في دي مع جميع أنواع الأسمنت.

للحصول على الخواص التالية للخرسانة الناتجة:

- زيادة زمن الشك مع عدم التأثير على قابلية الانضغاط.
- زيادة قابلية التشغيل بدون نقص مقاومة الانضغاط.
- زيادة مقاومة الإنضغاط بدون نقص قابلية التشغيل.
- التوفير في استهلاك الأسمنت بدون نقص قابلية التشغيل أو مقاومة الإنضغاط.

الخواص الفنية:

مادة التركيب الأساسية: جلوكونات الصوديوم.

الوزن النوعي: 1.15 ± 0.01 كجم/ لتر.

نسبة الكلوريدات: صفر.

نسبة الهواء المحبوس: تقريباً صفر.

التوافق مع أنواع الأسمنت: جميع أنواع الأسمنت البورتلاندي.

المميزات:

- تأخير زمن الشك بدون التأثير على مقاومة الخرسانة.
- زيادة الوقت المسموح به في صب ودمك الخرسانة.
- تحسين قابلية التشغيل وتسهيل صب ودمك الخرسانة.
- زيادة مقاومة الانضغاط المبكرة والنهائية للخرسانة وزيادة قوة التماسك مع حديد التسليح.
- تحسين جودة وكثافة وقوة تحمل وشكل السطح النهائي للخرسانة يزيد من سيولة الخرسانة بدون زيادة مياه الخلط.
- يسهل من ضخ الخرسانة ويمنع انسداد المواسير ويقلل احتكاك الخرسانة مع سطح المواسير.

- يقلل من الانكماش وشروخ الجفاف.
- خالي من الكلوريدات ويستعمل بأمان في أعمال الخرسانة المسلحة.
- مناسب للاستعمال بوجه خاص لأعمال الخرسانة في الأجواء الحارة.
- إقتصادي ويمكن الحصول على درجة التشغيل والمقاومة المطلوبة بكمية أقل من الأسمنت.

طريقة التشغيل: يضاف الأديكريت بي في دي أثناء عملية الخلط بعد إضافة المياه أو يضاف إلى المياه قبل عملية خلط الخرسانة مباشرة.

معدل الاستهلاك: الجرعة العادية حوالي 0.15 – 0.30٪ من وزن الأسمنت أي 0.5 – 1.0 كجم لكل متر مكعب من الخرسانة أو 0.25 – 0.5 كجم لكل مائة لتر من مياه الخلط.

احتياطات الأمان :الأديكريت بي في دي غير قابل للاشتعال وغير سام وفي حالة تلوث الأعين تغسل فوراً بكمية وفيرة من المياه.

التخزين: لمدة 18 شهراً على الأقل تحت اشتراطات تخزين مناسبة.

العبوات: 20 كغم/200كغم.

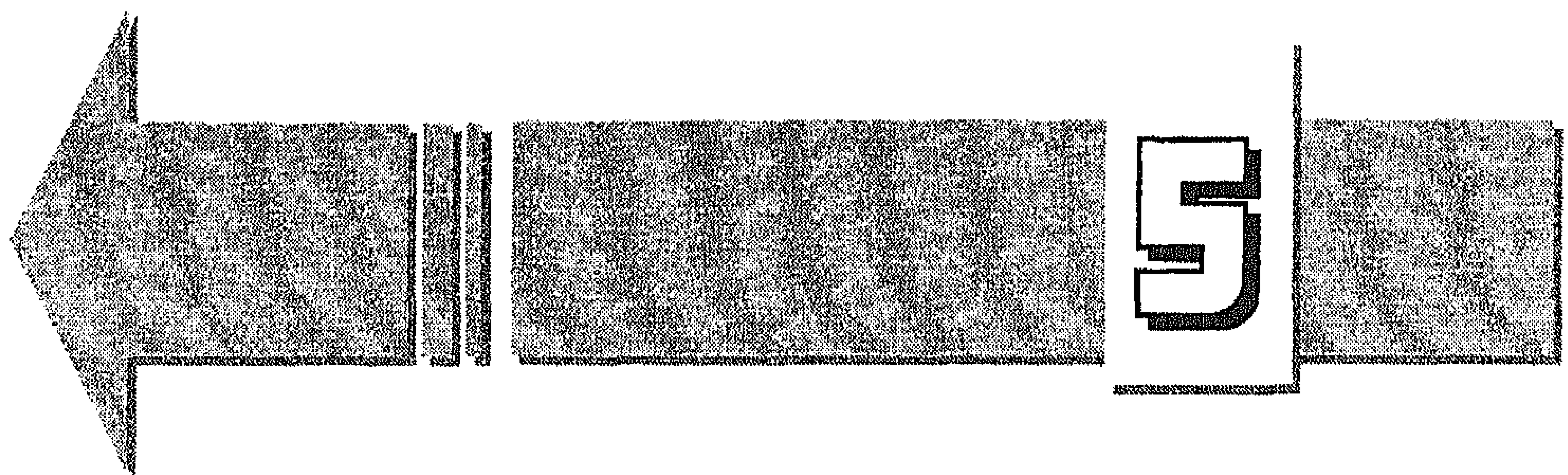
قوام الخرسانة:

القوام: هو الخاصية التي تعبر عن الرطوبة (محتوى الماء) للخلطة الخرسانية التي ليس بها إضافات.

أنواع قوامات الخرسانة:

1. القوام الجاف: يتميز بأن الخرسانة ليس بها ليونة كافية لذلك تستخدم في المنشات الكتلية مثل كتل حماية الشواطئ وتستخدم كذلك في القواعد المسلحة ضعيف التسليح وعلى المهندس استخدم هزاز قوي لدفع الخرسانة للحركة لمليء الفراغات.

2. القوام الصلب: يستخدم في المنشات الكتلية والقواعد والأساسات مع استخدام هزازات قوية.
3. القوام اللدن: تكون الخرسانة فيه قوية سهلة الحركة ولذلك تستخدم في جميع أنواع الإنشاءات والخرسانة المسلحة متوسطه وكثيفة التسليح ونستخدم هزازات عادية.
4. القوام المبلل: تكون الخرسانة قادرة على الحركة الذاتية بأقل عملية دمك مستخدمة ويستخدمه المقاولون المبتدئون ويتم استخدام الدمك اليدوي ويعيبه زيادة الاسمنت لزيادة نسبه الماء.
5. القوام المائي: مرفوض ولكي نستخدم القوام المائي يجب أضافة مواد بوذولانية وسليكا ومواد فائقة التليين.



الوحدة الخامسة

تصميم الخرسانة

تصميم الخرسانة

إن المقصود بتصميم الخلطات الخرسانية هو تحديد النسب للمواد المستخدمة في الخلط. ويعتبر تحديد نسب الخلط الخرسانة من المراحل الهامة والأساسية في صناعة الخرسانة وذلك من حيث المتطلبات الأساسية للاقتصاد وجودة الخرسانة.

أن مفتاح الحصول على خرسانة قوية ومتينة يقبع في نسب الخلط وطريقة الخلط للخليط المشكل للخرسانة. فالخرسانة التي لا تملك عجينة إسمنتية كافية لملء كافة الفراغات بين الركام سيكون من الصعب أن توضع في القوالب المخصصة لها وسوف تنتج تعشيش خشن على سطح الخرسانة بالإضافة إلى خرسانة مسكمبة. أما الخليط المحتوي على الكثير من العجينة الإسمنتية سيكون من السهل وضعه في القوالب بالإضافة إلى حصوله على سطح املص وناعم مع ذلك سينتج لنا خرسانة تتقلص وتنكمش بشكل اكبر وستكون غير اقتصادية بتاتا من ناحية التكلفة. وبالتالي فان تصميم الخلطة الخرسانية المناسبة سيولد لنا القابلية للتشغيل المطلوبة بالنسبة للخرسانة الطازجة بالإضافة إلى المتانة والقوة اللازمتين عند تصلب الخرسانة.

عادة فان الخلطة الخرسانية تحتوي على(10– 15)٪ أسمنت و(60– 75)٪ ركام ناعم وخشن و(15– 20)٪ ماء بالإضافة إلى نسبة (5 – 8)٪ هواء محبوس بداخل الخرسانة. (هذه النسب هي نسب المكونات إلى الحجم الكلي للخرسانة).

كيمياء الاسمنت البورتلاندي والتفاعل بداخل الخرسانة يبدأ بالظهور في أول وجود للماء في الخلطة. وبالتالي فإن الاسمنت والماء يشكلان العجينة الإسمنتية التي تغطي كل جزء من الرمل والحصى بداخل الخرسانة. طبعا هذا التفاعل الكيمائي يسمي الاماهه أو (Hydration)، خصائص الخرسانة تتحدد بجودة ونوعية العجينة الإسمنتية المستخدمة، وقوة العجينة الإسمنتية في المقابل تعتمد على نسبة الماء إلى الاسمنت في العجينة.

نسبة الماء – الاسمنت هو وزن الماء مقسوما على وزن الاسمنت. الخرسانة ذات الجودة العالية يجب أن تحتوي على اقل نسبة ماء إلى أسمنت من الممكن الحصول عليها بدون التأثير على قابلية التشغيل الخاصة بالخرسانة الطازجة.

بشكل عام استخدام ماء اقل يولد خرسانة ذات جودة عالية بالإضافة إلى أن الخرسانة يجب أن يتم وضعها في القوالب بشكل مناسب ودمجها بشكل مناسب والاعتناء بها في فترة التصلب بشكل مناسب أيضا. ماء الشرب عادة يكون مناسبا للاستخدام في الخرسانة. بشكل عام فإن الماء الذي لا لون ولا طعم مميز له يمكن أن يستخدم في خليط الخرسانة، أيضا بعض الماء غير الصالح للشرب يمكن أن يستخدم في خليط الخرسانة.

استخدام ماء ملوث في الخليط لن يؤثر فقط على فترة الشك للخرسانة أو على قوة الخرسانة لكنه من الممكن أن يؤدي إلى ظهور لطخ على الخرسانة بالإضافة إلى صدأ حديد التسليح وتغير دائم في حجم الخرسانة وتقليل متانة الخرسانة.

ومن المفيد أن نعلم أنه لا يستدعي الأمر أن تكون الخرسانة المستخدمة في عمل ما ذات صفة واحدة من ناحية الجودة، فعلى سبيل المثال من اللازم أن تكون الخرسانة الخاصة بالأجزاء الداخلية من المنشآت ذات جودة عالية وذات مقاومة عالية إلا أن الخرسانة الخارجية يلزمها أن تكون مقاومة للظروف الجوية.

مفهوم الخرسانة:

الخرسانة هي عبارة عن خليط غير متجانس من الركام (الحصمة) والأسمنت والماء مع بعض الفراغات ويمكن إضافة بعض المواد الأخرى (المضافات) للحصول على خواص معينة. يتم اختيار نسب هذه المواد في الخلطة الخرسانية حسب نوع العمل المطلوب والمواد المتوفرة. ومع خلط هذه المواد مع بعضها يتم الحصول على الخرسانة التي تبدأ بالتصلب التدريجي مع الوقت حتى تصبح صلبة وقوية، وتتفاوت قوتها حسب المكونات الأساسية وكذلك حسب طريقة الرج أثناء الصب ونوعية المعالجة.

مكونات الخرسانة:

1. **الأسمنت:** الأسمنت هو تلك المادة الناعمة الداكنة اللون التي تمتلك خواص تماسكية وتلاصقية بوجود الماء مما يجعله قادراً على ربط مكونات الخرسانة بعضها ببعض وتماسكها مع حديد التسليح. وقد فصلنا في الوحدة الأولى من هذا الكتاب الإسمنت وأنواعه ومكوناته.

2. **الركام (الحصمة):** إن لنوعية وخواص الركام تأثيراً كبيراً على خواص الخرسانة ونوعيتها لكونه يشغل حوالي (70– 75٪) من الحجم الكلي للكتلة الخرسانية. ويتكون الركام بصورة عامة من حبيبات صخرية متدرجة في الحجم منها حبيبات صغيرة كالرمل والأخرى حبيبات كبيرة كالحصى. وإضافة إلى كون الركام يشكل الجزء الأكبر من هيكل الخرسانة والذي يعطي للكتلة الخرسانية استقرارها ومقاومتها للقوى الخارجية والعوامل الجوية المختلفة كالحرارة والرطوبة والانجماد فانه يقلل التغيرات الحجمية الناتجة عن تجمد وتصلب عجينة الاسمنت أو عن تعرض الخرسانة للرطوبة والجفاف. ولذا فإن الركام يعطي للخرسانة متانة أفضل مما لو استعملت عجينة الاسمنت لوحدها.

مما ورد سابقاً يتضح أن خواص الركام تؤثر بدرجة كبيرة على متانة وسلوك هيكل الخرسانة. وعند اختيار الركام لغرض الاستعمال في خرسانة معينة يجب الانتباه بصورة عامة إلى ثلاثة متطلبات هي: اقتصادية الخليط، المقاومة الكامنة للكتلة المتصلبة، والمتانة المحتملة لهيكل الخرسانة. ومن الخواص المهمة الأخرى لركام الخرسانة هي تدرج حبيباته، ولغرض الحصول على هيكل خرساني كثيف يجب أن يكون تدرج ركام الخرسانة مناسبا وذلك بتحديد نسبة الركام الناعم والركام الخشن في الخليط، بالإضافة إلى ذلك يكون تدرج حبيبات الركام عاملا مهما في السيطرة على قابلية تشغيل الخرسانة الطرية. فعند تحديد كمية الركام الموجود في وحدة الحجم للخرسانة تكون قابلية تشغيل الخليط أكثر عندما يكون تدرج الركام مناسبا وبذلك تكون الحاجة لكمية الماء اللازمة للخليط

أقل وهذا بدوره يؤدي إلى زيادة مقاومة الخرسانة الناتجة. كما ويؤثر الركام على الكلفة الكلية للخرسانة.

وبصورة عامة فإنه كلما كانت كمية الركام الموجود في حجم معين من الخرسانة أكثر كلما كانت الخرسانة الناتجة اقتصادية أكثر وذلك لكون الركام أرخص من الأسمنت. ولغرض الحصول على خرسانة متينة يجب أن يتميز ركامها بعدم تأثره بفعل العوامل الجوية المختلفة كالحرارة والبرودة والانجماد والتي تؤدي إلى تفكك الركام كما ويجب أن لا يحصل تفاعل ضار بين معادن الركام ومركبات الأسمنت. وقد فصلنا في الوحدة الثانية من هذا الكتاب أنواع الركام وشروط استخدامه.

3. **الإضافات**: بالرغم من تعدد أنواع الإضافات وأسمائها التجارية إلاّ أنها تندرج أساساً ضمن ثلاث مصنفات رئيسية هي:

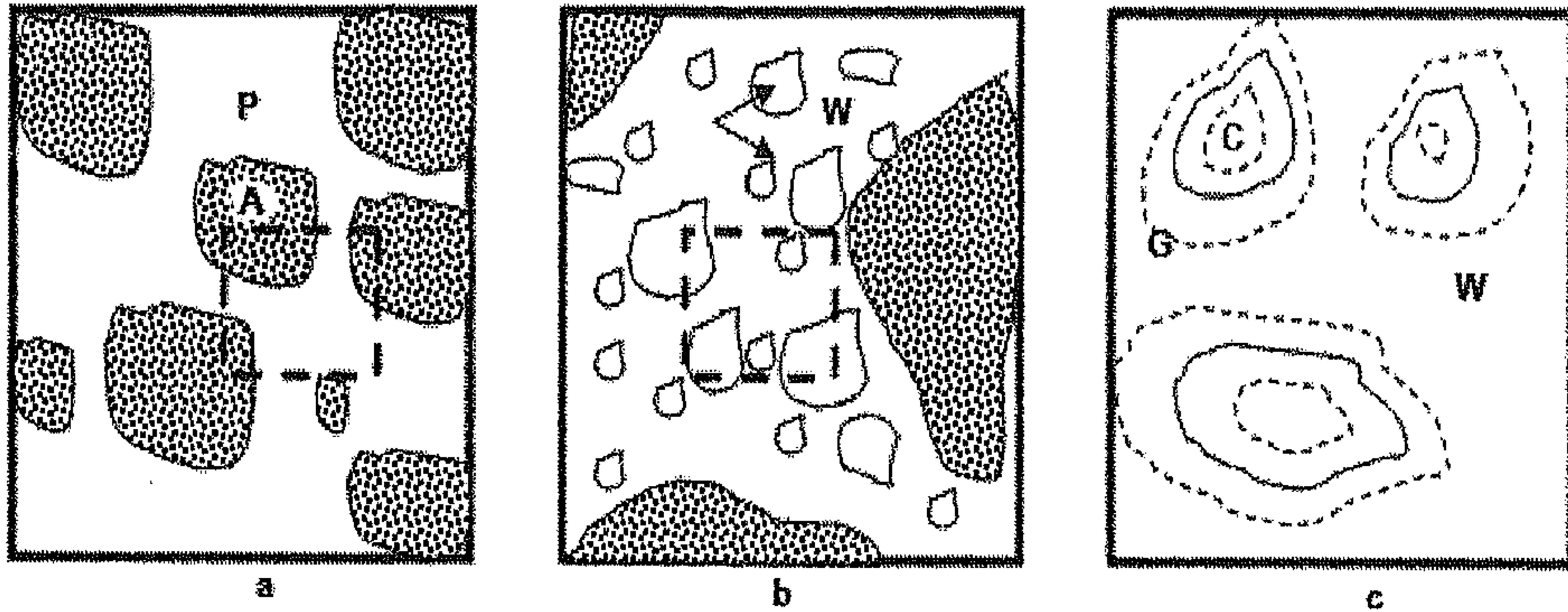
1) إضافات مسرعة للتفاعل.
2) إضافات مبطئة للتفاعل.
3) إضافات مقللة للماء.

إن لهذه الإضافات مضاراً لذلك يجب عدم استعمالها إلا في الحالات الضرورية وحسب تعليمات الشركة المصنعة وبأقل الكميات. ومحاولة الاعتماد على تحسين خواص الخرسانة بتعديل مكوناتها الرئيسية. الخلطات الخرسانية: بعد أن يتم فحص المواد الأولية (وهي الركام الخشن والناعم، والماء والأسمنت والمضافات) وبعد التأكد من صلاحيتها ومطابقتها للمواصفات، يتم عمل تصميم للخلطة الخرسانية لتعيين كمية كل مادة من المواد اللازمة للحصول على خلطة خرسانية حسب ظروف العمل ونوع المنشأ أو العنصر الخرساني المراد صبه. وهناك عوامل عديدة تؤثر على التصميم كشكل الركام وحجمه وتدرجه وطبيعة العمل والتشغيل وطريقة الدمك وتوفر المواد ودرجات الحرارة، إلا أننا أثناء التصميم نأخذ بعين الاعتبار أن يتم تحديد المكونات بحيث تغطى كل حبات الركام بالاسمنت وبحيث تدخل الحبيبات الأصغر حجما في الفراغات الأكبر حجما وبحيث تعطي

الخرسانة القوة المطلوبة واللدونة اللازمة وأن تكون غير منفذة للماء ومتينة وقوية ومقاومة للعوامل الجوية بأقل التكاليف.

العلاقة بين الركام والعجينة:

يبين قطاعاً في كتلة خرسانية حيث تمثل الرمز A قطع الركام الصغير والكبير ويمثل الرمز P العجينة وتنتج تشغيلية الكتلة الخرسانية من تأثير تشحيم العجينة المتأثرة بمقدار تخفيف العجينة. وتعتمد مقدار مقاومة الخرسانة على مقاومة العجينة بطبيعة الحال، حين أن مقاومة الركام كبيرة جداً بالنسبة لمقاومة العجينة. أما النفاذية في الخرسانة فتعتمد على جودة العجينة حيث يمر القليل من الماء من خلال الركام تحت الضغط بسبب الخاصية الشعرية بالإضافة أن انكماش الكتلة الخرسانية لدائم هو ناتج من العجينة وليس الركام.

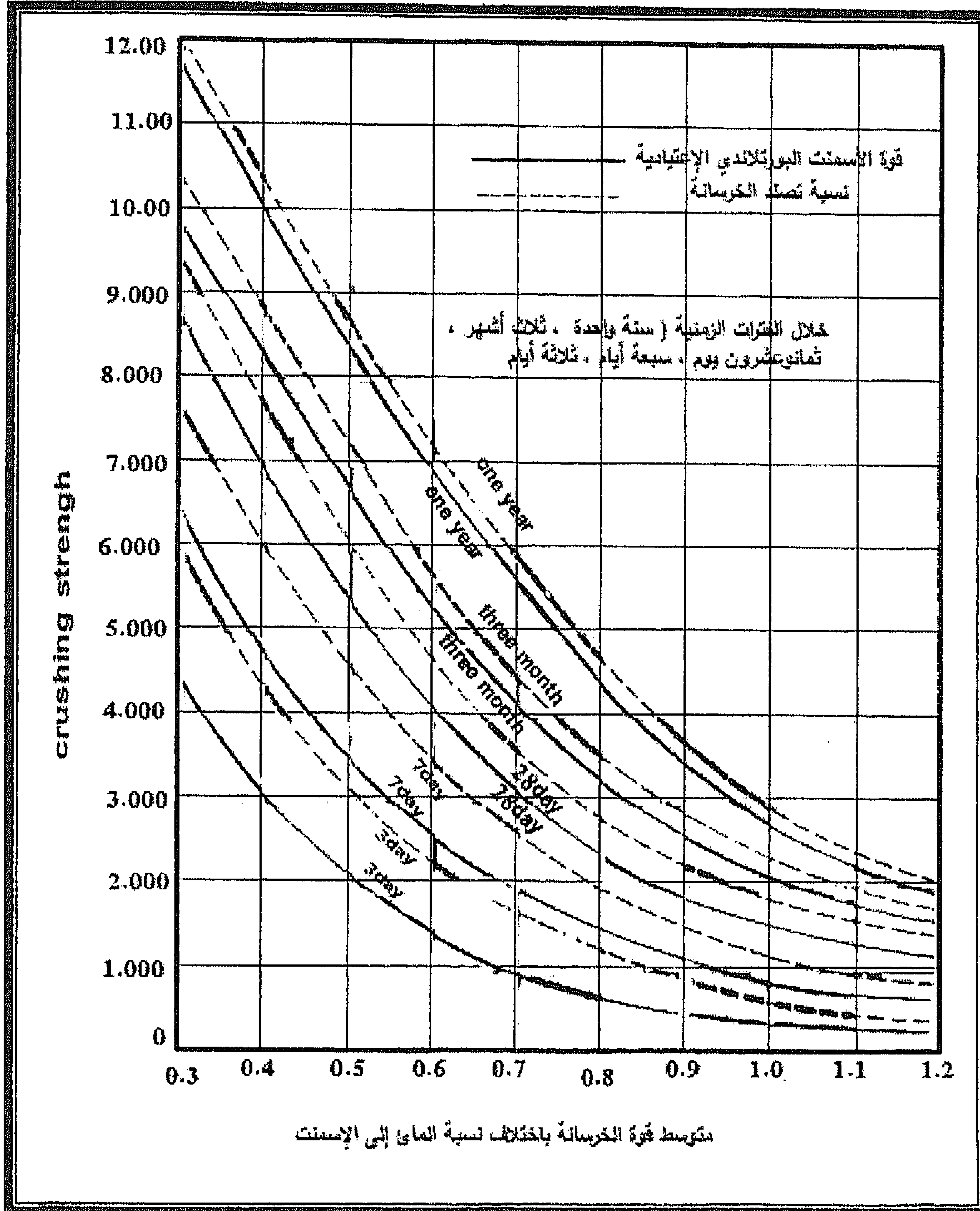


العلاقة التبادلية بين الركام A والعجينة P والإسمنت C والماء W والجل G

أما الشكل b من الشكل السابق فيبين أن العجينة تكون على شكل معلق وليس محلولاً للإسمنت في الماء ويمثل هذا خلال تكبير المربع الصغير الموجود في الشكل b حيث تمثل C حبيبات الإسمنت سواء كانت صغيرة أو كبيرة وتمثل W الماء وكلما خفت درجة تركيز المعلق كلما زادت المسافات بين حبيبات الإسمنت وكلما قلت بالتبعية بنية العجينة عند أي وقت من الإماهه.

من خلال ذلك يتضح أنه إذا ثبتت جميع العوامل فإن مقاومة الخرسانة لها دالة عكسية من نسبة الماء إلى الإسمنت W/C وهذا يمثل درجة تخفيف

العجينة. أما إذا استعرضنا الشكل المرفق التالي فإنه يوضح العلاقة بين هذه النسبة ومقاومة الخرسانة الذي يوضح أيضاً تقارب مقاومة الإسمنت المختلفة بعد مدة عام. وتعتمد مقاومة الخرسانة بالإضافة إلى نسبة الماء إلى الإسمنت على نوع المواد المختلفة وخصوصاً الإسمنت ومدة المعالجة ودرجة الحرارة والرطوبة إثناء عملية المعالجة أو الاختبار.



العلاقة بين مقاومة الإسمنت ونسبة الماء إلى الإسمنت لمكعبات خرسانية (4) إنش مدكوكة تماماً لنسب مختلفة من الخلط

طرق تصنيع الخرسانة:

إن تصميم الخلطات الخرسانية يعني تحديد القيم النسبية لمكوناتها بما يتفق مع المتطلبات المرغوبة لعمل معين. وهناك العديد من الطرق سوف نشير إلى أهمها وهي:

1. الطريقة الوضعية: Empirical Proportioning

ويكون ذلك باستخدام نسب ثبُتت فاعليتها من الخبرة وتسمى بالنسبة الوضعية. وقد يكون بطرق حسابية مبنية على أساس فني تتضمن خواص المواد المستخدمة والخواص المطلوبة في الخرسانة المتصلدة (مثل مدى المقاومة للأحمال أو المقاومة للبري).

تحدد هذه الطريقة نسباً لمكونات الخرسانة نتيجة الخبرة، وقد أثبتت هذه الطريقة ملائمتها وصلاحيتها للعمليات الصغيرة نظراً لسهولتها حيث تعطى المواد الصلبة (الأسمنت، الرمل، الركام) على هيئة نسب بالوزن أو الحجم وقد تحدد كمية الماء اللازم أو تترك لمراعاتها أثناء الخلط بحيث نحصل على خلطة لدنة ونسب مكونات الخرسانة بالوزن المستخدمة عادة في المنشآت سهلة التشغيل طبقاً لنوع الخرسانة أو طبقا لمقاومة الخرسانة للضغط هي كما يلي:

- الأسمنت الرمل الركام.
- خلطة غنية ذات مقاومة عالية.
- خلطة متوسطة.
- خلطة فقيرة ذات مقاومة منخفضة.

وذلك على أساس أن الركام مناسب والماء أقل ما يمكن لجعل الخلطة ذات قوام مناسب لتكون لدنة.

وتجدر الإشارة أن هذه الطريقة تحدد نسب مكونات الخلطة الخرسانية عن طريق الخبرات السابقة للاستعمال، وتكون هذه الطريقة مناسبة في الخلطات الصغيرة لسهولتها حيث تحدد المواد المكونة للخلطة على هيئة نسب بالوزن أو

الحجم وقد تحدد كمية الماء اللازم أو تترك لمراعاتها أثناء الخلط بحيث نحصل على خلطة لدنة سهلة التشغيل وتكون مقاومة الخرسانة للضغط خلطة غنية ذات مقاومة عالية أو خلطة متوسطة أو خلطة فقيرة ذات مقاومة منخفضة حسب كمية الاسمنت ونوعيته.

عيوب هذه الطريقة تتلخص في النقاط الآتي:

1. نسبة الماء إلى الإسمنت عير محددة ومتروكة لظروف العمل.
2. النسبة المعمول بها لا تعطي متراً مكعباً واحدا لأنها تصل في بعض الأحيان إلى 1.2 م^3 مع ملاحظة إهمال الركام وتدرجه الحبيبي علماً بأن نسبة الرمل إلى الركام ثابتة دائماً وهي 1.
3. لا يمكن الحصول على بيانات صحيحة لخواص الخرسانة الناتجة وذلك لا يمكن توقع قيمة دقيقة لمقاومة الضغط لهذه الخرسانة.

وقد تم تقديم بعض الجداول نتيجة الخبرات المستخدمة في هذا المجال والجدول التالي أحدها:

نوع الخرسانة	نسبة الخلطة		(أسمنت: رمل: ركام)
مسلحة	1: 2: 4	أو	1: 2 1/2 – 4
كتلية	1: 3: 6		1: 3: 5
طرق	1: 2: 3		
أرصفة	1: 4: 8		

2. طريقة المحاولة Trail Method Portioning:

تتطلب هذه الطريقة وجود عينات من الأسمنت والركام والرمل كما يجب تحديد نسبة الماء والاسمنت وكذلك المقاومة المطلوبة ويتم عمل اختبارات ومقارنة على مكونات الخلطة تؤخذ كمية من الأسمنت بنسبة ثابتة ثم تحدد نسبة الماء من جداول تصميم الخلطات وبالتالي نقوم بعمل العجينة الإسمنتية تضاف كميات من الرمل والركام تدريجيا حتى نصل إلى شكل الخلطة المطلوبة تحسب الكميات بالوزن والحجم المطلوبة لعمل خلطة الخرسانة لموقع العمل.

بعد تحديد نسبة الماء إلى الإسمنت بناءً على متطلبات مقاومة تحمل الخرسانة نقوم بعمل خلطات صغيرة بها هذه النسبة من الماء إلى الإسمنت للحصول على القوام المطلوب بغرض تحديد نسب قيم الركام اللازم بناء على متطلبات التشغيل بأقل قدر ممكن من العجينة.

مثال لدينا الجدول التالي الذي يبين نسب مكونات الخلطة على النحو التالي :

	الماء	الأسمنت	الرمل	الركام الكبير	المجموع
ركام مشبع ذي سطح جاف	0.534	1	2.03	3.18	6.744
خلال العمل كنسبة	0.4846	1	2.112	3.1482	6.744
خلال العمل لكل شوال بالكغ	24.24	50	105.56	157.41	337.2
الوزن النوعي فرضاً	1	3.10	2.65	2.65	
الحجم الكلي لكل شوال اسمنت م^3	0.002424	0.01613	0.0398	0.0593	0.13946م^3

مثال:

إذا أردنا تصميم خلطة خرسانية تستخدم في جزء من منشأ وكانت على افتراض أن المقاومة اللازمة للخرسانة هي 280 كغم/سم^2 ومن خلال الجدول السابق تكون نسبة الماء إلى الإسمنت اللازمة هي 0.534 فإذا أخذت كمية من الإسمنت للمحاولة تساوي 3 كغم فليزم لها كمية ماء 1.602 كيلو غرام ويخلطا معاً لتكوين العجينة في وعاء.

بعد ذلك تعد كميات من الركام المشبعة بالماء وتكون ذات سطح جاف بحيث لا تأخذ ماء من العجينة ولا تعطيها. ومن مصادر معروف وزنها يضاف الركام إلى العجينة بكميات مناسبة يتخللها خلط للخرسانة حتى تصل الخلطة إلى القوام المطلوب، أما كمية الرمل المطلوبة فهي ذات الحد الأدنى للمونة لتملأ كل الفراغات بين حبيبات الركام وتعطي القيمة التشغيلية المطلوبة.

فإذا تم اختيار الخليط تعرف كميات الرمل الكبير المستخدم من الكميات المتبقية والجدول السابق يوضح الخرسانة ذات كمية رمل أقل من اللازم، كمية مناسبة، كمية أكبر من اللازم.

وإذا كان خليط الخرسانة يحتوي على كمية من الرمل أقل من اللازم بذلك تكون مونة الإسمنت والرمل غير كافية لملء الفراغات بين الركام الكبير. وهذا الخليط يصعب مناولته وينتج عنه خليط خشن وخرسانة مسكمبة.

أما إذا كان الخليط الخرساني يحتوي على كمية مناسبة من الرمل والإسمنت، ويتم ملء الفراغات بين الحبيبات الكبيرة بالمونة بواسطة المسطرين، يعتبر خليط حيد من حيث القيمة التشغيلية ويعطي أعلى نسبة حصيلة (Yield) للخرسانة لكمية معلومة من الإسمنت.

أما إذا كان الخليط به كمية زائدة من الرمل ومونة الإسمنت فيعتبر الخليط سهل التشغيلة ويعطي سطحاً أملساً وغالباً ما يكون مسامياً.

فإذا فرضنا مثلاً أننا استخدمنا في هذا المثال كمية رمل تزن 6.09 كغم وكمية ركام ركام كبيرة قدرها 9.54 كغم أي بنسب مكونات قدرها (1 : 2 : 3) أي بنسبة مئوية للرمل تصل إلى 39 في الركام الشامل.

ولا يغيب عن الذهن أن نسبة مكونات المواد بنيت على أساس أن الركام مشبع ذي سطح جاف لفإذا كان الركام غير ذلك في الطبيعة فيلزم تصحيح تلك النسب تبعاً لنسبة الرطوبة في الركام فإذا كان الرمل به نسبة 4٪ رطوبة سطحية بالوزن وكان الركام الكبير جافاً له قدرة امتصاص 1٪ من وزنه فتكون نسبة الماء السطحي في الرمل والخليط ككل هي:

$2.03 \times 0.04 = 0.0812$ وتكون نسبة الرمل الرطب هي 2.1112 وسوف يمتص الركام الكبير $3.18 \times 0.01 = 0.0318$ كنسبة ماء وتلزم أن تكون نسبة الركام الكبير المستخدم 3.1482 ويلزم أن تكون نسبة الماء المضاف هي:

$$0.534 - 0.0812 + 0.0318 = 0.4846$$

$$\text{أذن وحدة الوزن} = \frac{\text{الوزن}}{\text{الحجم}} = \frac{33.2}{0.1414} = 2.38 \text{ طن/م}^3$$

فإذا فرضنا أن بحجم الخليط 1 ٪ من الفراغات فيكون حجمه الكلي: $0.140 \times 1.01 = 0.1414$ م^3 وتكون الحصيلة Yield للخرسانة أي كمية الخرسانة الناتجة الطازجة لكل شوال اسمنت هي:

$$\text{الحصيلة } (Y) = \frac{\text{الحجم}}{\text{عدد الشوالات}} = 0.1414 \text{ م}^3 \text{ لكل شوال}$$

أما معامل الإسمنت cement factor فهي يحتوي الإسمنت معبراً عن عدد الشوالات لكل متر مكعب من الخرسانة.

$$\text{معامل الإسمنت } cf = \frac{1}{Y} = 7 \text{ شوالات}$$

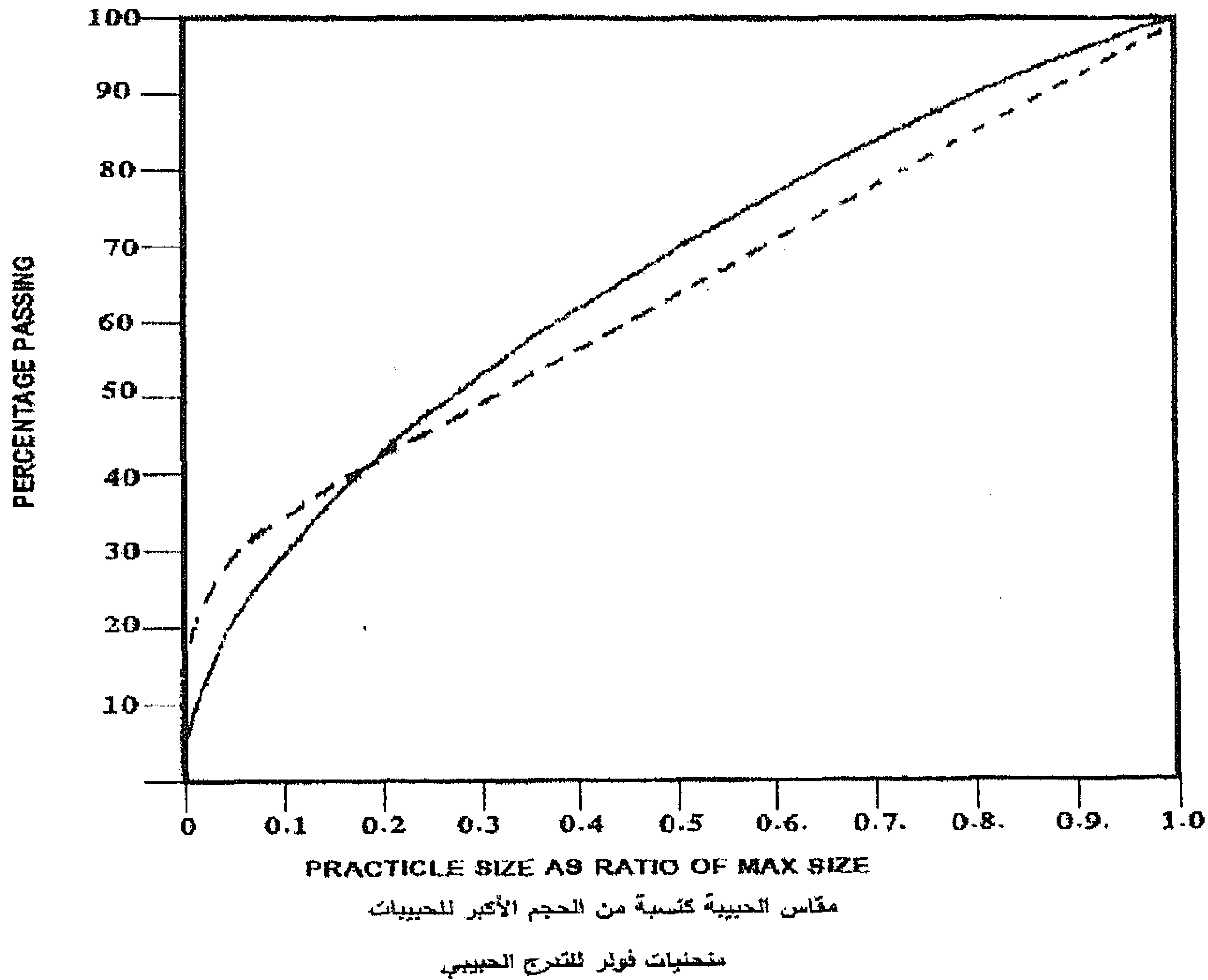
وفي الإمكان استخدام ركام رطب أو جاف للخلطة الخرسانية إذا علمت بطبيعة الحال نسبة الرطوبة به ومقدار امتصاصه لها ثم تعديل نسب الخلط لتأخذ بعين الاعتبار كمية الرطوبة بالركام ومقدار الامتصاص. ولا بدمن الإشارة أن تشغيلية الخلطات باليد تختلف عن تشغيلية الخلطات المقاسة بالأجهزة نتيجة اختلاف طرق الخلط وكمية العجينة الملتصقة بجدار الجهاز وشكل أحرف الخلطة.

3. طريقة الحجم المطلق (نسب الخلطة بواسطة الكثافة القصوى للركام)

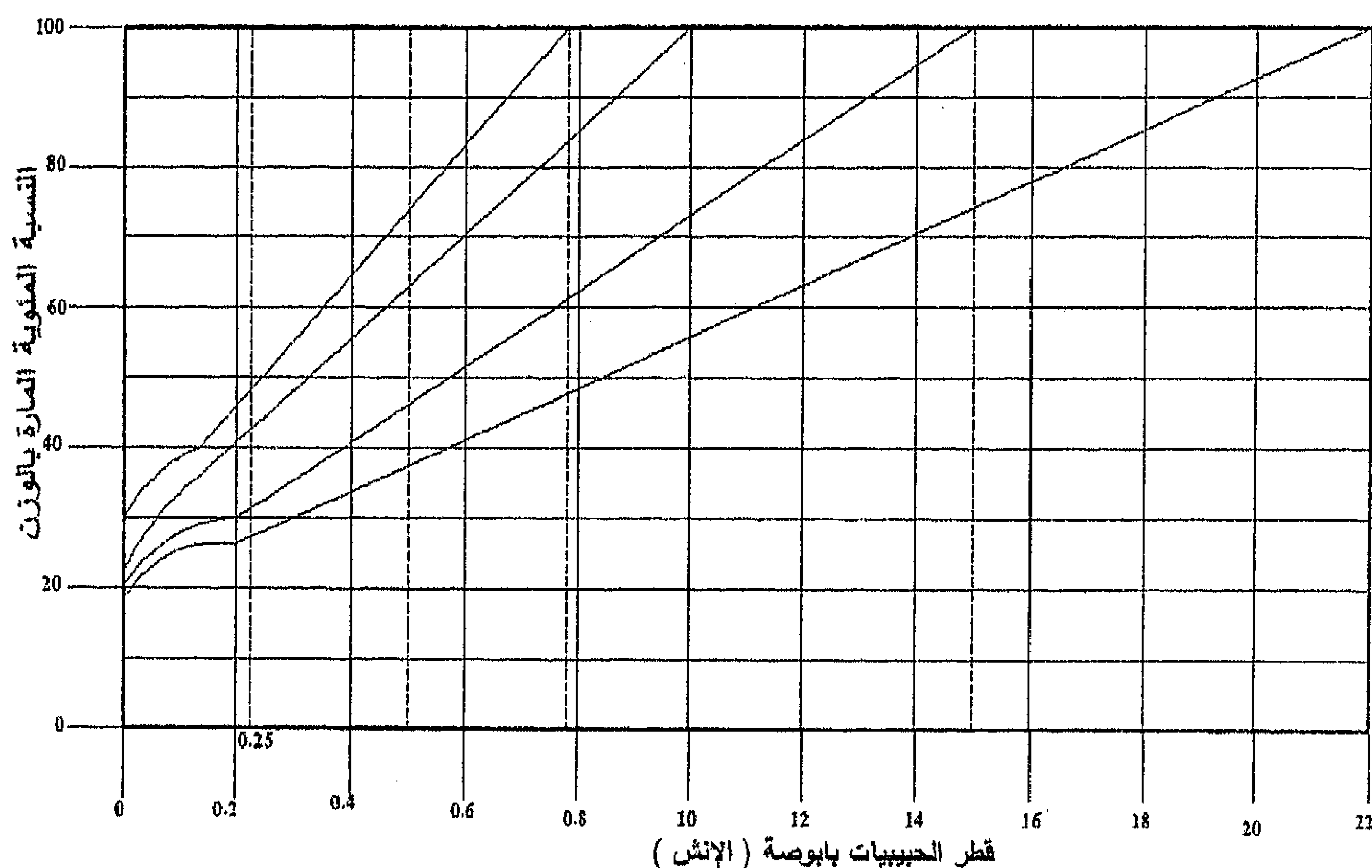
Proportioning by Maximum Density of Aggregate:

- تحسب الخلطة الخرسانية على إنها عبارة عن مجموع الحجوم المطلقة لمكونات الخلطة الخرسانية، وتسب هذه المكونات تكون بناء على اختبارات معملية وجداول حسابية لتصميم الخلطات الخرسانية.
- تحدد كمية الأسمنت اللازمة للمتر المكعب من الخرسانة.
- تحدد كمية الماء للمتر المكعب من الخرسانة.
- تحدد نسبة الركام الكبير والصغير.

في هذه الطريقة من المستحسن استخدام عجينة ماء واسمنت في الخلطة الخرسانية بحيث تكون أقل ما يمكن فقد يكون بالإمكان تصميم الخلطة الخرسانية بحيث تعطي نسبة ركامها أقل قدر ممكن من الفراغات أي كثافة قصوى. وقد قام كل من فولر وطومسون بإعطاء تدرجاً حبيبيا للركام وذلك مثالياً تدل على الكثافة القصوى للركام.



منحنيات فولر للتدرج الحبيبي



طريقة فولر للتدرج الحبيبي للركام والرمل

يعمل تدرج الركام ليقارب بقدر الإمكان منحنيات فولر المثالية، وقلما تستخدم هذه الطريقة في هذه الأيام بالرغم من أن بعض الهيئات العالمية أعطت تدرجات قريبة جدا من تدرجات فولر.

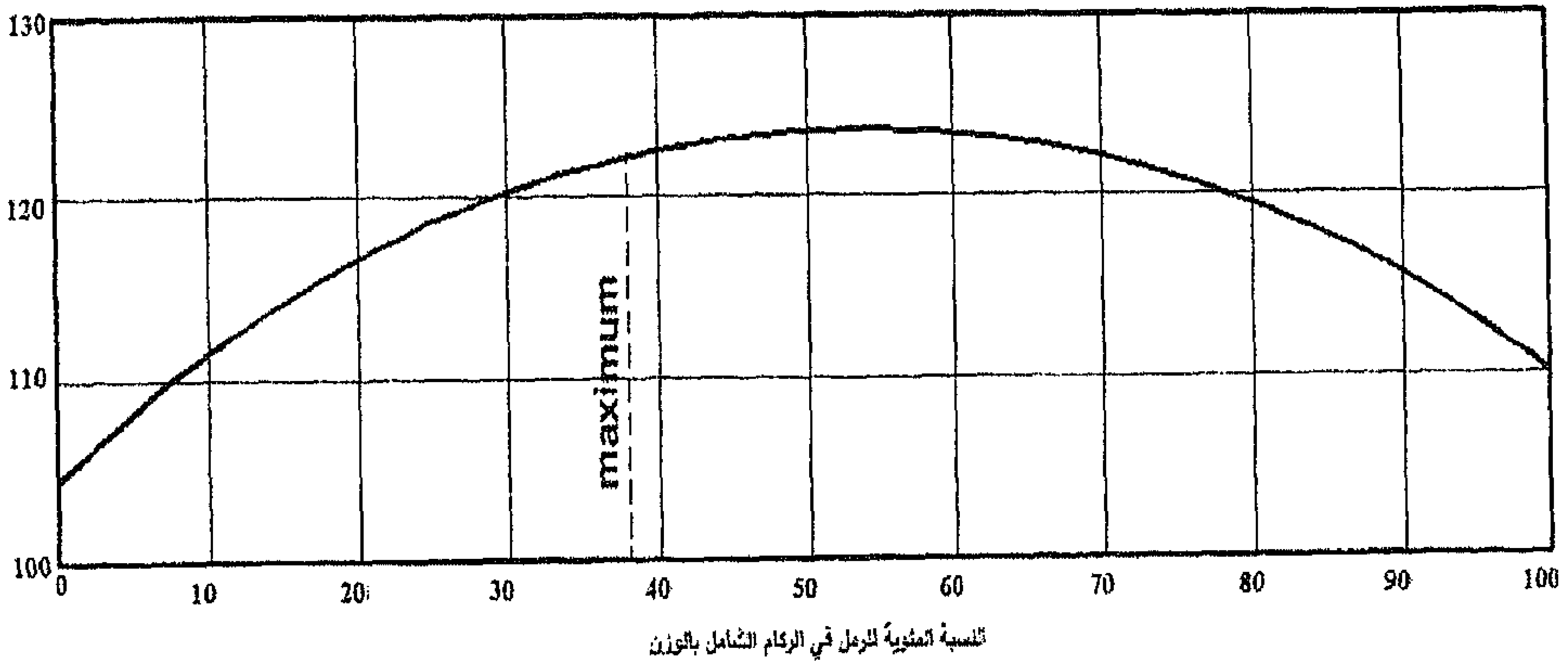
وقد تبين أن النسبة المئوية المثالية للرمل يلزم لها أقل قدر ممكن من العجينة تقل دائماً عن نسبة الرمل الذي تحدث عند وصول الركام للكثافة القصوى. وهذا الفرق نتج من دفع حبيبات الركام قليلا عن بعضها بواسطة العجينة ويصل الفرق في نسبة الرمل بين اللازم للحصول على أقل عجينة ممكنة وذلك اللازم لعمل الركام ذي كثافة قصوى بالقدر (8) وهو غالياً بين 5.2 ذي متوسط قدره 3 للتصميم بدون خطأ يذكر وخصوصاً أن التغيير في نسبة العجينة عند النسبة المثالية يكون صغيراً نسبياً.

يستخدم وزن وحدة الحجوم في تصميم الخلطات الخرسانية وفي تحويل وزن معلوم من الركام إلى الحجم المكافئ له وعادة ما تقدر وزن وحدة الحجوم بالكيلو جرام للمتر المكعب. ويتوقف الوزن الحجمي على شكل وتدرج حبيبات الركام وحالة الركام إذا ما كان سائباً أو مدموكاً – جافاً أو رطباً. وتتراوح نسبة

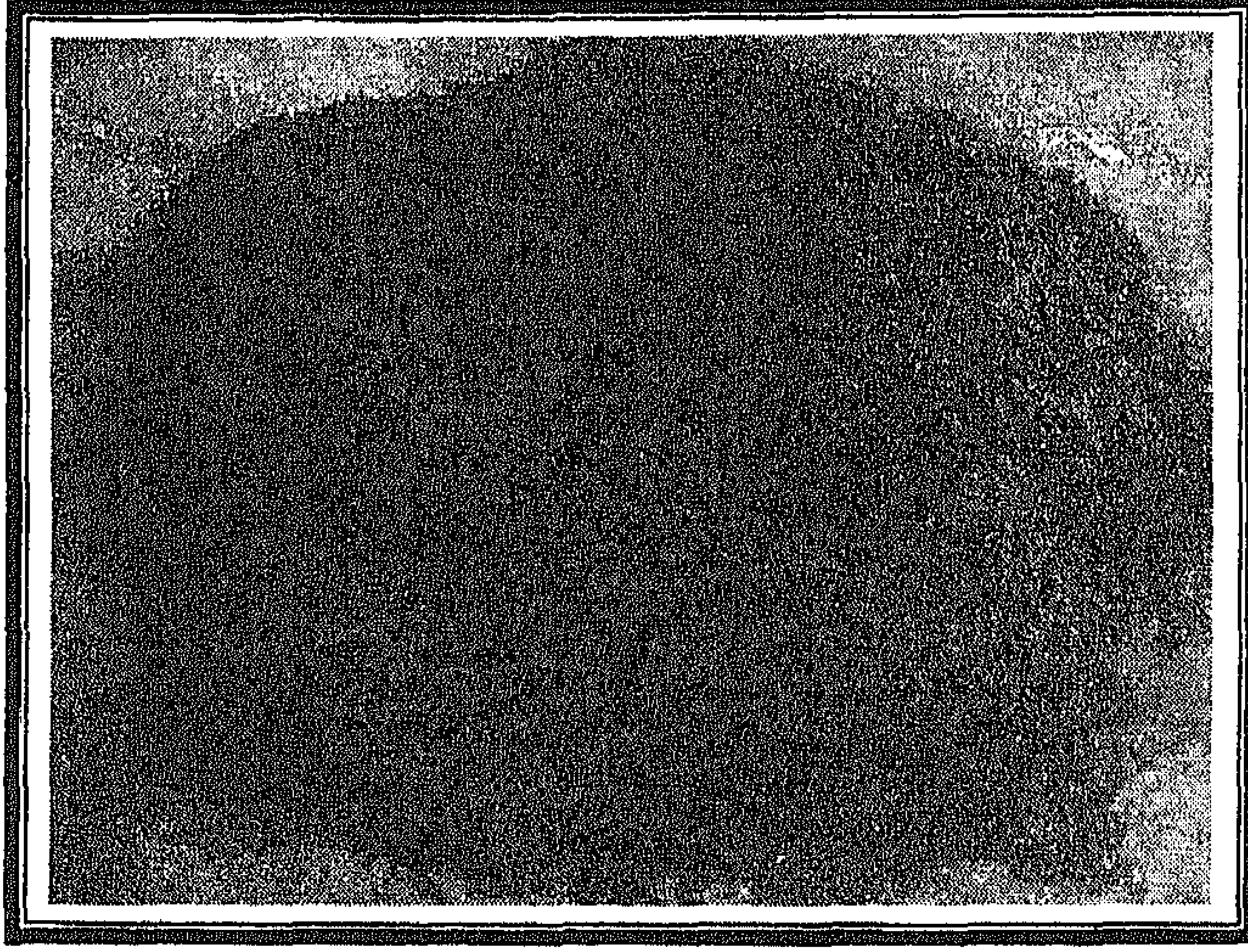
الوزن الحجمي للركام السائب إلى الوزن الحجمي للركام المدموك بين 0.87 إلى 0.96 ويمكن تعيين وزن وحدة الحجوم عن طريق تعيين وزن الركام الذي يملأ إناءاً ذو سعة معلومة.

ويتم عمل اختبار للحصول على الكثافة القصوى لخليط الركام بواسطة وزن مجموعة من الخلطات لركام مدكوك (يحتوي مثلاً على صفر، 30، 40، 50، 100 في المائة رمل) ثم رسم منحنى يمثل النسبة المئوية في الرمل وتغير وحدة الوزن للركام الشامل.

ويمثل المنحنى التالي واحد من نتائج الاختبار الذي يظهر منه أن نسبة 38٪ رمل تعطي الكثافة القصوى المطلوبة وعلية تكون النسبة المثالية للرمل هي 38 – 3 = 35٪.



كما أن المنحنى السابق هو مثال لوحدة الوزن للركام المخلوط الجاف المدكوك من ركام صغير وركام كبير بنسب مختلفة.



ركام مخلوط جاف مدكوك من ركام صغير وكبير بنسب مختلفة

4. تصميم الخلطة الخرسانية باستخدام مساحة السطح للركام:

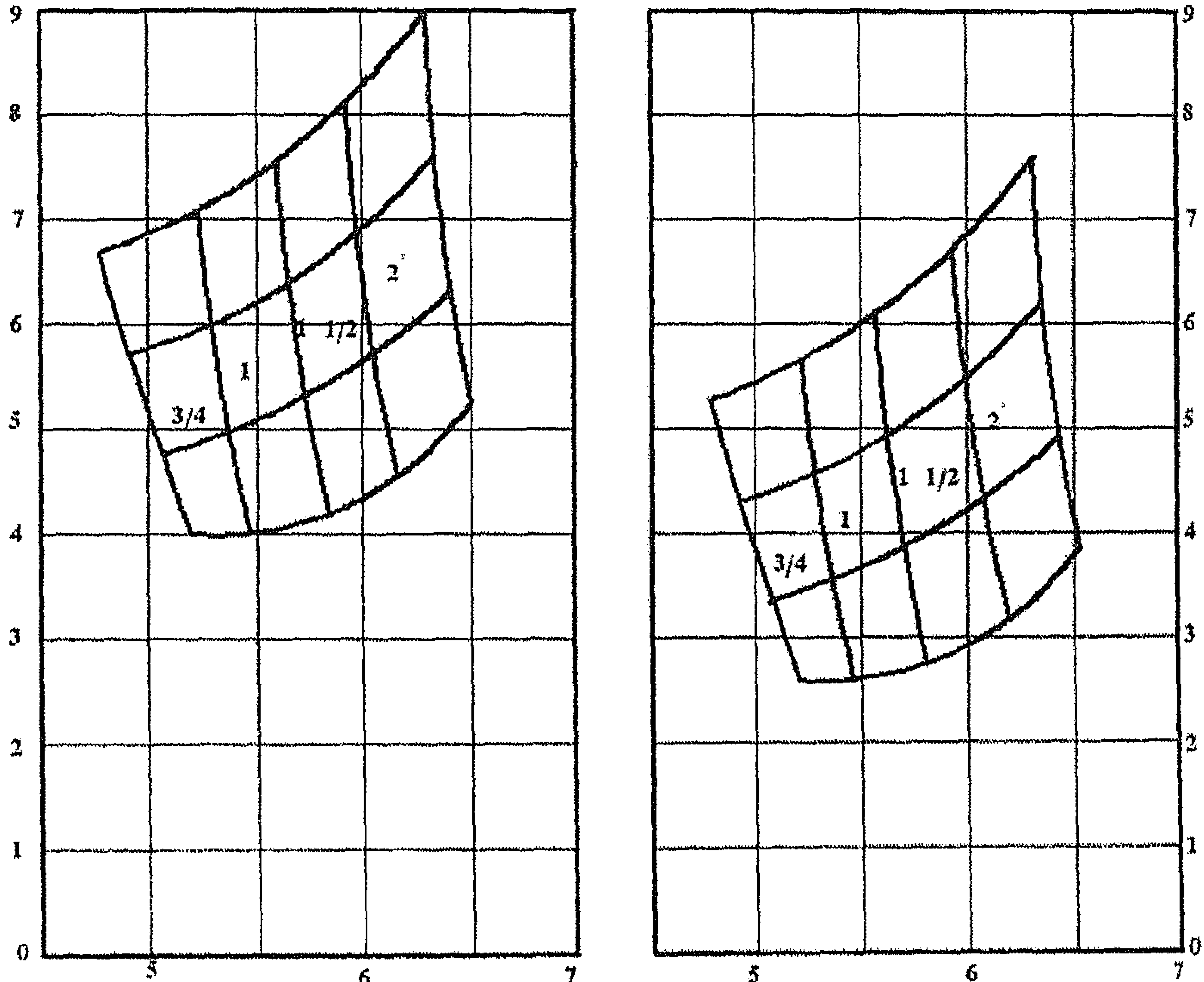
تعتبر المساحة السطحية للركام أحد العوامل الرئيسية التي تتحكم في جودة الخرسانة نظراً لأن مقاومة الخرسانة للأحمال تتوقف على مقاومة التماسك بين حبيبات الركام، وقد أثبتت الدراسات أن مقاومة الخرسانة للضغط تتأثر كثيرا بالمساحة النوعية لسطح الركام.

ومن خلال مجموعة من التجارب تبين أن كمية الإسمنت اللازمة للحصول على مقاومة معينة للخرسانة تتناسب مع مساحة سطح الركام المستخدم في الخلطة. ويعد حساب مساحة سطح الركام متعدد الأقطار من الرمل والحصى المستديرة والحجارة المكسرة. فإذا تم معرفة التدرج الحبيبي للركام (هو فصل المقاسات المختلفة من الركام بعضها عن بعض في أية كمية من الركام ويكون ذلك باستخدام التحليل بالمناخل بهز الركام على مجموعه من المناخل مرتبه حسب مقاس فتحتها وموضوعة فوق بعضها البعض بحيث يكون أكبرها مقاساً من أعلى وأصغرها مقاساً من أسفل ثم وزن المحجوز على كل منخل)المنخل يعرف بمقاس فتحته أي طول ضلع الفتحة(. يتم حساب النسبة المئوية للركام المار من كل منخل وتوقع بيانياً العلاقة بين مقاس فتحة المنخل والنسبة المئوية للركام المار منه ليعبر هذا الرسم عن مدى التوزيع الحجمي بالركام – راجع وحدة

الركام) فإنه من الممكن حساب سطحه الكلي. وإذا ما عرفت المساحة السطحية للركام حسبت كمية الإسمنت اللازمة للحصول على خرسانة ذات مقاومة مطلوبة بطريقة وضعية.

5. تصميم الخلطة الخرسانية باستخدام معايير النعومة للركام:

معايير النعومة: يمكن تعريفة بأنة مجموع النسب المئوية للمحجوز الكلى للمناخل القياسية للركام مقسومة على مائة. وللحصول على نسب مكونات الركام في الخرسانة المبينة على معايير النعومة لها فقد أعطت هيئة الإسمنت الأمريكية منحنيات مبنية على مجموعة كبيرة من التجارب تمثل العلاقة المتبادلة بين معايير النعومة للركام الشامل وحجم الركام الجاف المدكوك لكل حجم من الإسمنت ومقاومة الخرسانة والمقاس الاعتباري الأكبر للركام. ومن خلال المنحنيين التاليين فإنه من الممكن أن نتوقع المقاس الأكبر للركام على المنحنى مع المقارنة المرغوبة للخرسانة ومعايير النعومة للركام الشامل.



العلاقة التبادلية بين المتغيرات أساس تصميم الخلطة الخرسانية بواسطة معايير النعومة للركام (المستدير فقط)

مثال: من خلال المنحنيين السابقين فعلى فرض أنه يلزم تحديد نسب مكونات خلطة خرسانية بها ركام ذي مقاس اعتيادي أكبر قدره 1.5 إنش ونسبة الماء إلى الاسمنت المرغوبة هي 6 غالونات لكل شوال اسمنت وهابط بين 3 و4 إنش ومن المنحنى يكون معايير النعومة الأكبر المسموح به هو 5.75 فإذا علمنا هذا المعايير فقد يمكن حساب نسبة الرمل إلى الزلط المطلوبين للخلطة. ولو اعتبرنا م معايير النعومة لركام شامل وكانت م$_1$، م$_2$، م$_3$............ هي معايير نعومة مكونات الركام الموجودة بنسب ن$_1$، ن$_2$، ن$_3$.... الخ فإن معامل النعومة للركام الشامل:

م = م$_1$ ن$_1$ + م$_2$ ن$_2$ + م$_3$ ن$_2$ +.........

وعليه إذا كان معامل النعومة للرمل المستخدم في الخلط هو 2.75 وللزلط هو 7.65 فيكون :

5.75= 2.75 ن$_1$ – 7.65 (1 – ن$_1$)

فتكون نسبة الرمل إلى الركام الشامل بالوزن ن$_1$ = 0.177

أما إذا ما أردنا استخدام المنحنيات لغرض المقارنة فنفرض مثلاً أن حالة الصب تستلزم هابطاً قدره 6 – 7 انشات. ومن المنحنى يكون معايير النعومة الأقصى المسموح به للركام الشامل هو 5.85 وهذا يعني نسبة رمل أقل. وتكون الحصيلة 3.9 قدم مكعب لكل شوال اسمنت.

6. طريقة إيجاد نسب مكونات الخلطة الخرسانية بواسطة نسبة الفراغان إلى الإسمنت وفراغات المونة:

Proportioning by Voids– cement ratio and Mortar voids:

الفراغات في الخرسانة أو المونة بأنها الفراغ الذي لا تشغله حبيبات الركام والإسمنت أي أن حجم الفراغات هو مجموع حجمي الماء والهواء المحبوس. وقد أفترض كذلك أن مقاومة الخرسانة هي مقاومة المونة بها. ونسبة الفراغات إلى الإسمنت شبيهة كثيراً بنسبة الماء إلى الإسمنت وعليه فإن المنحنيات التي تربط المقاومة مع نسبة الفراغات إلى الإسمنت حيث أن الفراغات هنا يشغلها الماء والهواء

المحبوس وهذه كمية يسيرة ويعبر عن نسبة الفراغات إلى الإسمنت بدلالة المتر المكعب من الفراغات لكل شوال من الإسمنت.

ويبنى تصميم الخلطة بواسطة فراغات المونة على أساس تحديد نسب مكوناتها لضمان الخلطة المثالية التي بها نسبة الفراغات إلى الإسمنت المطلوبة.

خطوات التصميم بواسطة فراغات المونة:

1. الحصول على علاقة بين مقاومة المونة ونسبة الفراغات إلى الإسمنت بها على مدى كبير. ويتم ذلك بعمل مجموعة من الخلطات للمونة بها نسبة رمل إسمنت مختلفة ومحتوي ماء مختلف وتقاس الفراغات في كل خلطة وتقاس مقاومة الانضغاط لكل خلطة. وغالباً تكون نسبة الإسمنت بواسطة الحجم المطلق هي: (1، 2، 3.5، 5) وهذه النسب يكون محتوى الماء الأساسي 1.2 ثم تحدد العلاقات السابقة في منحنيات تبعاً للترتيب التالي:

أ. منحنى بين نسبة الفراغات: الإسمنت مع المقاومة (منحنى لكل محتوى ماء).

ب. منحى لنسبة الرمل: الإسمنت مع نسبة الفراغات : الإسمنت (منحى لكل محتوى ماء).

ج. منحنى لنسبة الرمل: الإسمنت مع الفراغات لوحدة الحجوم من المونة.

د. منحنى لنسبة الرمل: الإسمنت مع الماء لوحدة الحجوم من المونة.

2. فرض محتوى الماء النسبي بناء على الخبرة السابقة ليعطي قوام الخرسانة المطلوب. وبهذا المحتوى من المقاومة المرغوبة تحدد نسبتي الفراغات إلى الإسمنت والرمل إلى الإسمنت في المنحنيين الأوليين. ثم يحدد حجمي الفراغات والماء لوحدة الحجوم من المونة من المنحنيين الثالث والرابع وتحسب حجوم الإسمنت والرمل لوحدة الحجوم من المونة من الفرق بمعلومية نسبة الرمل إلى الإسمنت.

3. تحديد حجم الركام الكبير المستخدم لوحدة الحجوم من الخرسانة وتحدد الكمية المضبوطة من الخبرة والتجارب زهي تتراوح بين 38 و40 ٪ للركام المكسر و40، 45 ٪ للركام المستدير.

وأخيراً تحدد حجوم مكونات الخلطة الخرسانية لوحدة الحجوم منها وتحول تلك المكونات إلى أوزان تستخدم مباشرة في العمل وهذه طريقة معقدة ولا تستعمل كثيراً في الآونة الأخيرة.

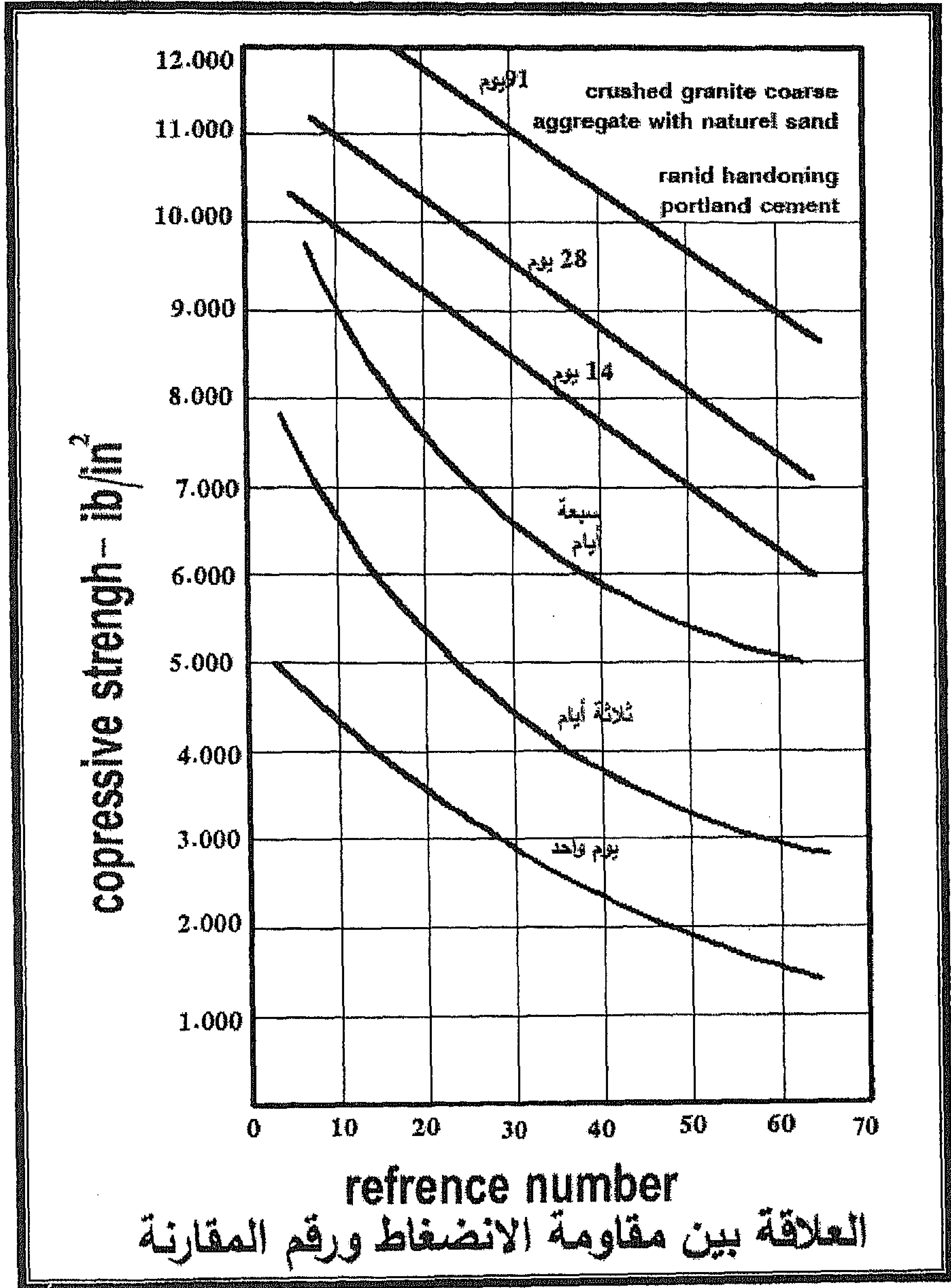
7. تصميم الخلطات ذات المقاومة العالية:

Design of High Strength Mixes:

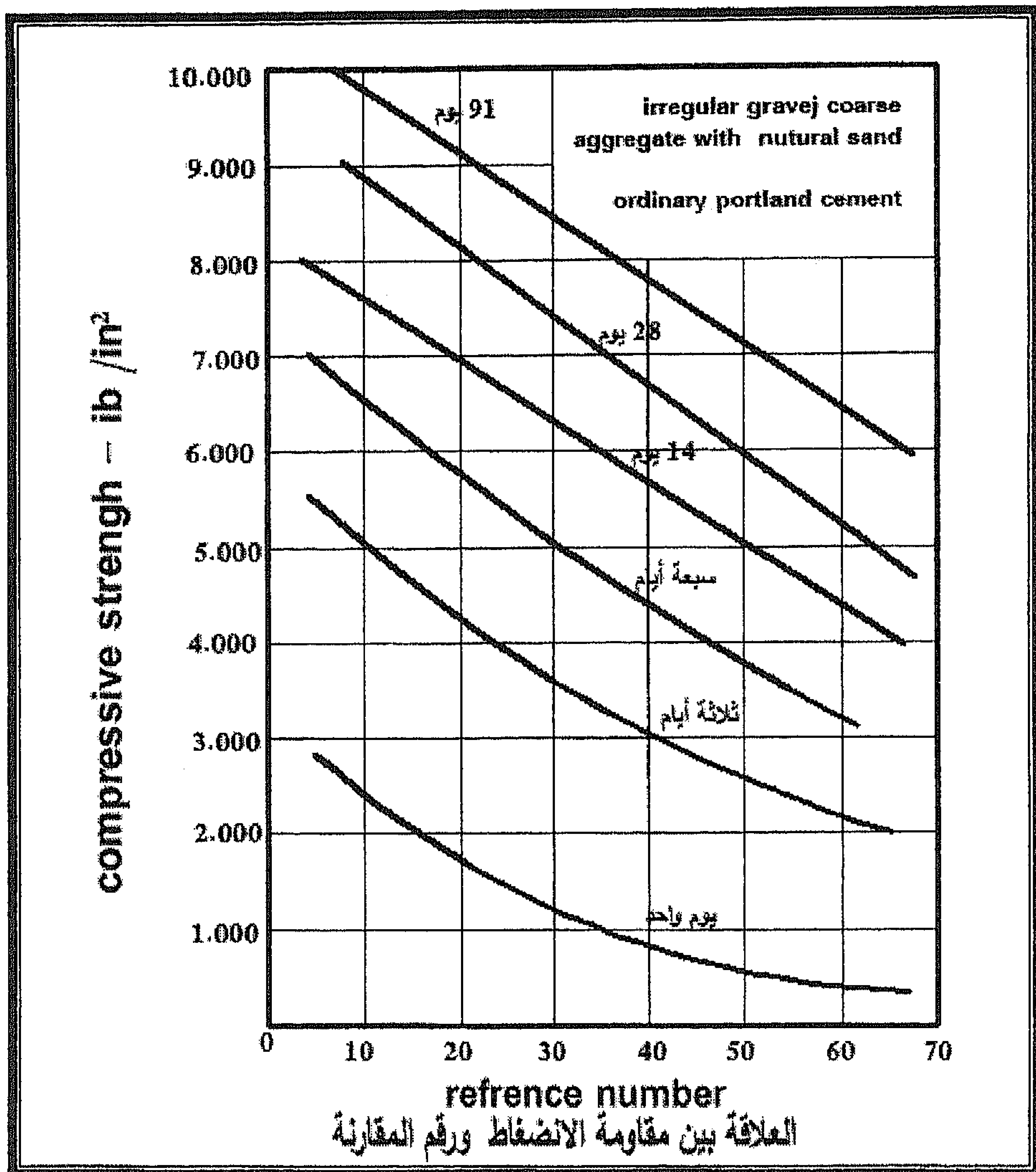
يقوم تصميم الخلطات الخرسانية على افتراض وجود حد أدنى للمقاومة يسمى المقاومة الاسمية، ولكن المقاومة الفعلية الناتجة للخرسانة مقدار متغير في الموقع أو في المختبر على حد سواء. وللتغير مصادر شتى مثل تغيرات عناصر الخلطة وتغيرات تصنيع الخرسانة وصبها والتغيرات الحاصلة في إجراءات أخذ العينة وفي الاختبار نفسه. لذا فإنه من المهم التقليل من التغير بواسطة إجراءات مراقبة الجودة التي تهدف إلى الحصول على مقاومة ذات متوسط أعلى من الحد الأدنى.

تعتمد خواص الخرسانة عالية المقاومة (400 – 500 كغم/سم^2) على عوامل تختلف عن تلك الخرسانة الأقل. أما الخرسانة التي تصل مقاومتها إلى (1110 كغم/سم^2) فيلزم استخدام البخار في المعالجة أو استخدام الضغط. ويلزم استخدام تشغيلية للخليط ونوع ومقاس الركام الأكبر يناسب المقاومة المطلوبة مما يؤثر على نسبة الماء إلى الإسمنت.

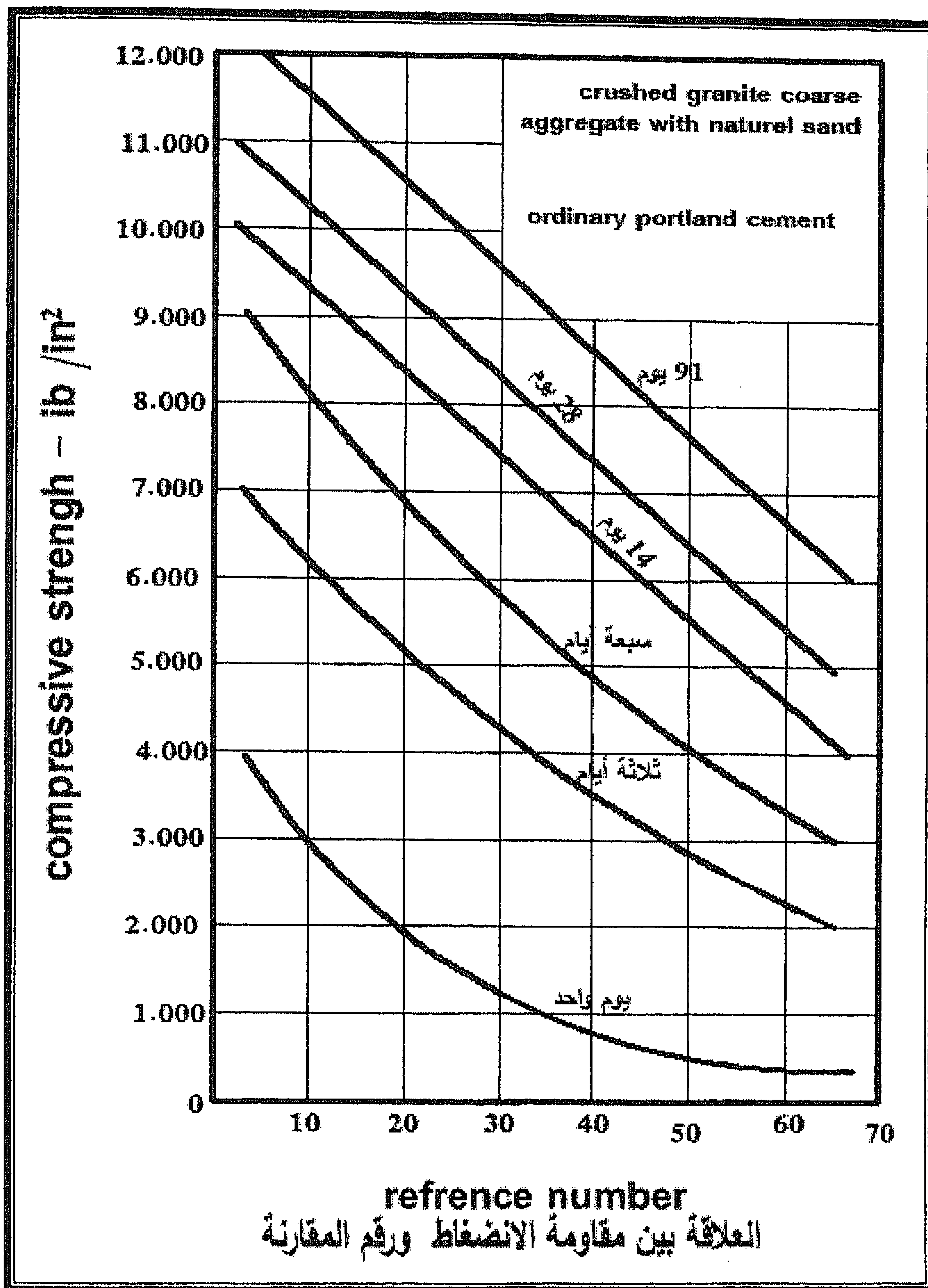
وقد تم استنتاج مجموعة من المنحنيات الوضعية تربط مقاومة الانضغاط لرقم مقارنة اعتباري للخرسانة عالية المقاومة المصنوعة من كسر غير منتظمة وكسر جرانيت كركام كبير باستخدام اسمنت بورتلاندي عادي أو اسمنت بورتلاندي سريع التصلب. ومن خلال هذه المنحنيات التي سوف نوردها نعرف رقم المقارنة المناسب للخلطة تبعاً للمقاومة المرغوبة فإنه يمكن تحديد نسبة الماء إلى الإسمنت تبعاً لدرجة التشغيلية المطلوبة. بالإضافة إلى جداول خاصة بالركام ذي مقاس أكبر قدره 3/4، 3/8 إنش.



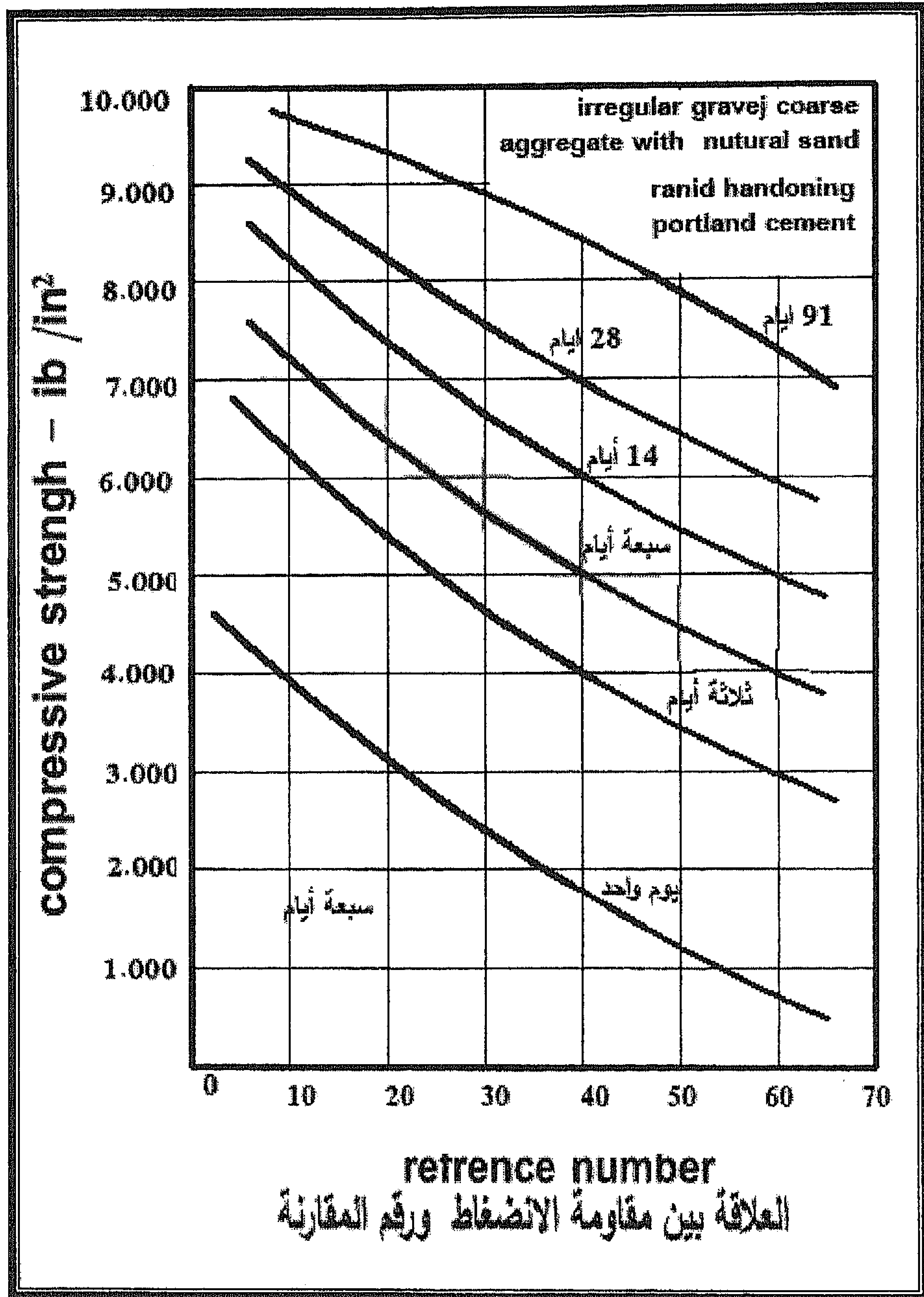
المنحنى الأول



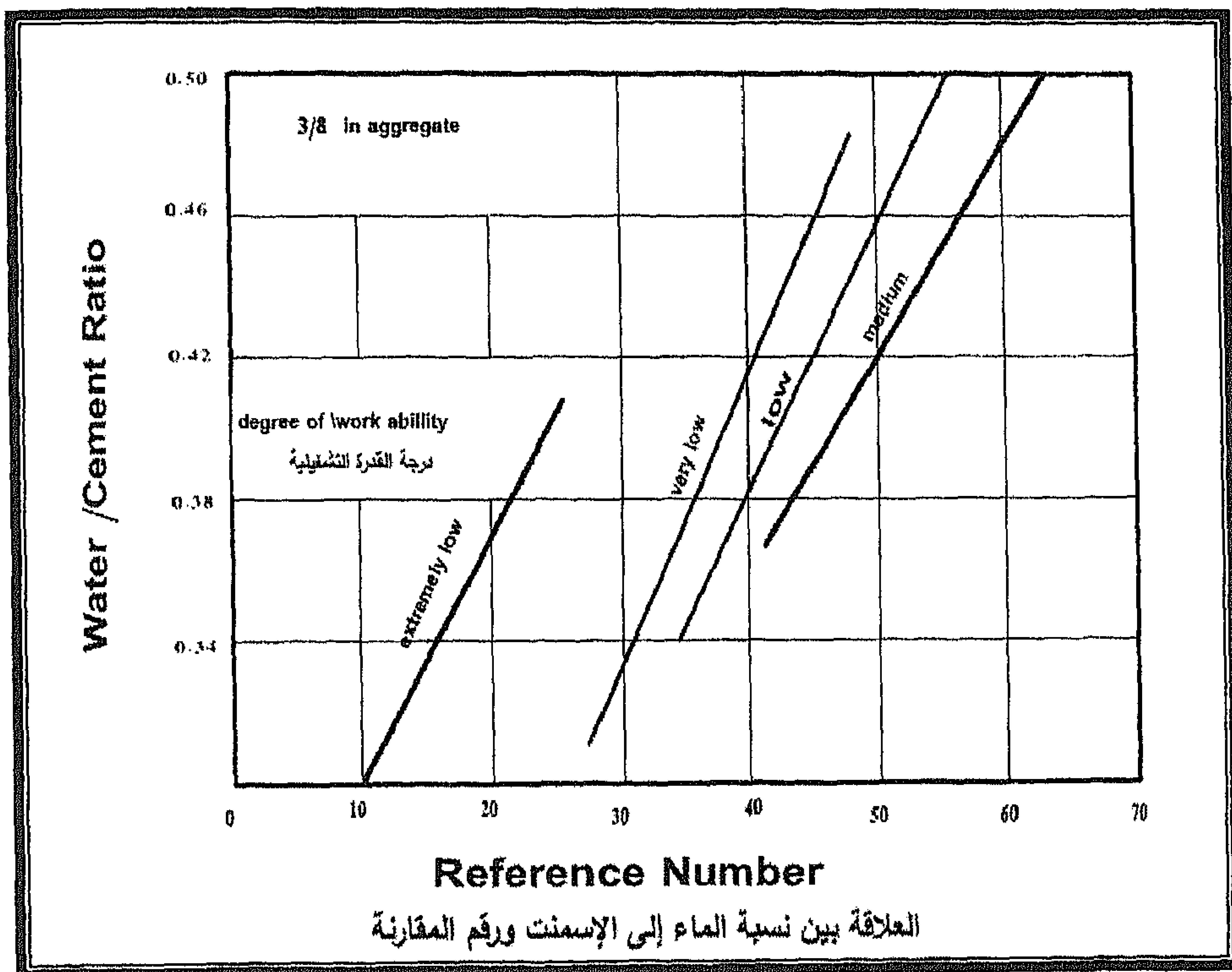
المنحنى الثاني



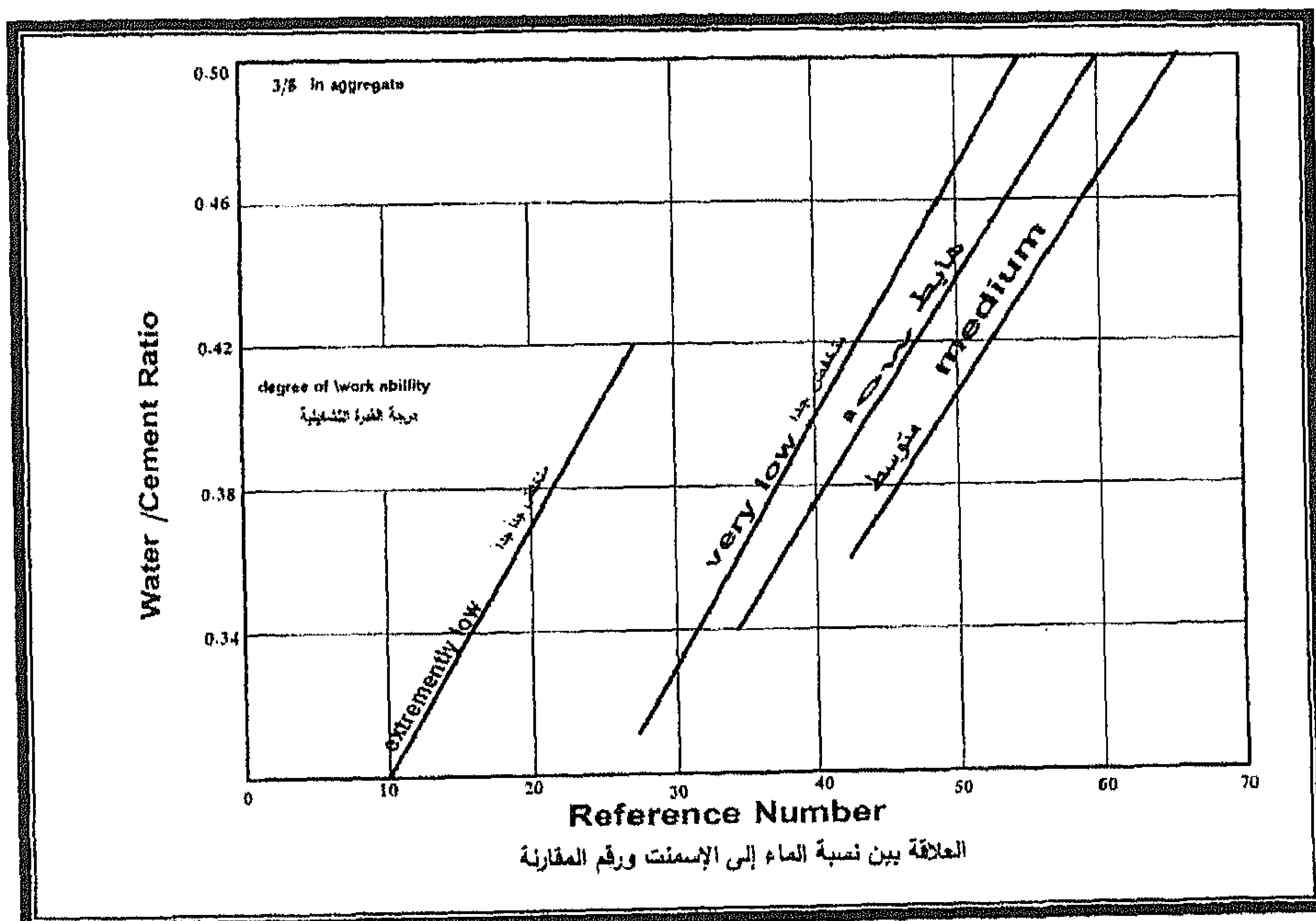
المنحنى الثالث



المنحنى الرابع



المنحنى الخامس



المنحنى السادس

يرجى متابعة الجداول التالية:

جدول رقم (1):

نوع الركام الكبير	رقم المقارنة	نسبة الماء إلى الإسمنت من المنحنى الرابع W/C	نسبة الركام إلى الإسمنت الجدول الثالث A/C	أوزان محتويات الخلطة بالكيلوغرام / م^3		
				ماء	اسمنت	ركام
كسر غير منتظم	21	0.35	2.45	220	609	1350
كسر جرانيت	37	0.43	4.45	178	413	1840

جدول رقم (2):

نسبة الركام إلى الإسمنت لأربع درجات تشغيلية لنسب مختلفة من الماء إلى الإسمنت باستخدام اسمنت بورتلاندي عادي:

نوع الركام الكبير	كسر غير منتظم								جرانيت مكسر							
المقاس الأكبر للركام	4/3 بوصة				3/8 بوصة				4/3 بوصة				3/8بوصة			
درجة التشغيلية	أ	ب	ج	د	أ	ب	ج	د	أ	ب	ج	د	أ	ب	ج	د
0.30	3				2.4				3.3				2.9			
0.32	308	2.5			3.2				4.0	2.6			3.6	2.3		
0.34	4.5	3.0	2.5		3.9	2.6			3.6	3.2	2.6		4.2	2.8	2.3	
0.36	5.2	3.5	3.0	2.5	4.6	3.1	2.6		5.2	3.6	3.1	2.6	4.7	3.2	2.7	2.3
0.38		4.0	3.4	2.9	5.2	3.5	3.0	2.5		4.1	3.5	2.9	5.2	3.6	3.0	2.6
0.40		4.9	3.8	3.2		3.9	3.3	2.7		4.5	3.8	3.2		4.0	3.3	2.9
0.42		5.3	4.1	3.5		4.3	3.6	3.0		4.9	4.2	3.5		4.4	3.6	3.1
0.44			4.5	3.8		4.7	3.9	3.3		5.3	4.5	3.7		4.8	3.9	3.3
0.46			4.8	4.1		5.1	4.2	3.6			4.8	4.0		5.1	4.2	3.6
0.48			5.2	4.4		5.4	4.5	3.8			5.1	4.2		5.5	4.5	3.8
0.50			5.5	4.7			4.8	4.1			5.4	2.5			4.7	4.0

استخدام رمل طبيعي: أ. منخفضة إلى أقصى درجة ب. مخفضة جداً ج. منخفضة. د. متوسطة.

جدول رقم (3):

نسبة الركام إلى الإسمنت لأربع درجات تشغيلية لنسب مختلفة من الماء إلى الإسمنت باستخدام اسمنت بورتلاندي سريع التصلب:

نوع الركام الكبير	كسر غير منتظم								جرانيت مكسر							
المقاس الأكبر للركام	3/4 بوصة				3/8 بوصة				3/4 بوصة				3/8 بوصة			
درجة التشغيلية	أ	ب	ج	د	أ	ب	ج	د	أ	ب	ج	د	أ	ب	ج	د
0.32	2.6								2.9				2.5			
0.34	3.4	2.2			2.8				3.6	2.4			3.2			
0.36	4.1	2.7	2.3		3.5	2.4			4.3	2.9	2.4		3.9	2.5		
0.38	4.8	3.2	2.8	2.3	4.2	2.9	2.4		4.9	3.4	2.9	2.4	4.5	3.0	2.5	
0.40	5.5	3.7	3.2	2.7	4.9	3.3	2.8	3.2	5.5	3.9	3.3	2.7	5.0	3.4	2.9	2.4
0.42		4.2	3.6	3.0		3.7	3.1	2.6		4.2	3.6	3.0	5.5	3.8	3.2	2.7
0.44		4.6	4.0	3.4		4.1	3.5	3.9		4.7	4.0	3.3		4.2	3.5	3.0
0.46		5.0	4.3	3.7		4.5	3.8	3.2		5.1	4.3	3.6		4.6	3.8	3.2
0.48		5.5	4.7	4.0		4.9	4.1	3.4		5.5	4.6	3.9		5.0	4.1	3.4
0.50			5.0	4.3		5.2	4.4	3.7			4.9	4.1		5.3	4.4	3.7

استخدام رمل طبيعي أ. منخفضة إلى أقصى درجة ب. مخفضة جداً ج. منخفضة د. متوسطة.

جدول رقم (4):

عامل الدمك لحالات مختلفة لصب خرسانة ذات مقاس أكبر للركام 3/8 بوصة

حالة الصب	درجة تشغيلية	معامل الدمك	الهابط، سم
المقاطع المعرضة إلى هز كبير وقد يستخدم الضغط فيها	منخفضة إلى أقصى درجة	0.65	صفر
المقاطع المعرضة إلى هز كبير	منخفضة جداً	0.75	صفر – 0.3
المقاطع من الخرسانة مع الهز	منخفضة	0.83	0.3– 0.6
المقاطع من الخرسانة المسلحة بدون هز والمقاطع شديدة التسليح مع الهز	متوسطة	0.90	0.6 – 2.5
المقاطع من الخرسانة المسلحة شديدة التسليح غير قابلة للهز	عالية	0.95	2.5– 10.0

(يرجى معرفة ما يلي الماء W الإسمنت C الركام A والوزن النوعي للركام P).

وبعد الإطلاع على هذه الجداول والمنحنيات فإننا لو عرفنا نسبة الماء إلى الإسمنت فإنه يمكن إيجاد نسبة الركام الكلي إلى الإسمنت من الجدول رقم (2) والجدول رقم (3) وهذه القيم لركام شامل به 30٪ من محتوياته تمر من منخل 3/16 ويلزم ضبط محتوياته أذا استخدم ركام غير ذلك.

مثال: إذا أردنا تصميم خلطة خرسانية ذات تشغيلية منخفضة جداً لها مقاومة انضغاط قدرها 600 كغم/سم^2 بعد 28 يوم باستخدام اسمنت بورتلاندي سريع التصلب وركام 3/4 إنش ذي كسر غير منتظم أو جرانيت مكسر.

وعليه يكون:

$$1 = \frac{A}{P} + \frac{C}{P_c} + \frac{w}{P_w}$$

أي يكون $W + \frac{C}{3.15} + \frac{A}{2.65} = 1$ على فرض أن $Pc = 3.15$

P للركام = 2.65

فالنسبة للكسر يكون $C\ 0.35 + C\ \frac{2.45}{2.65} = 1$

أي C = 639 كغم/م^3

وبالنسبة للجرانيت يكون $C\ 0.43 + C\ 0.318 + \frac{2.45}{2.65} = 1$

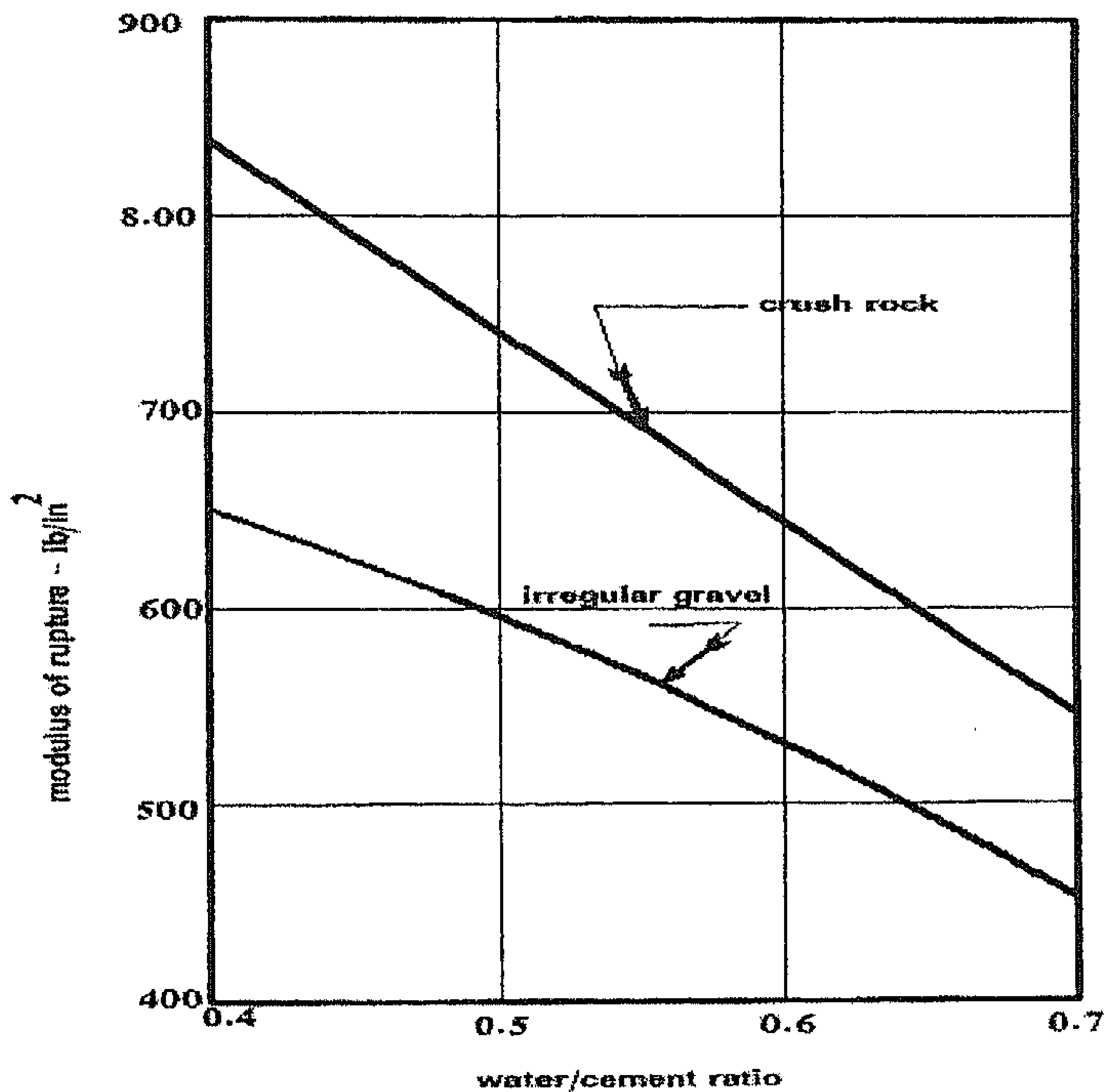
أي C = 4.3 كغم/سم^3

8. تصميم الخلطات لمقاومة الانحناء:

Design of Strength in Flexure:

يعتمد كثير من الخلطات الخرسانية في بعض المنشآت على مقاومة الانحناء حيث تتعرض الخرسانة في هذه المنشآت كالمطارات والطرق إلى مقاومة الانحناء. ويتم تصميم الخلطة الخرسانية المقاومة للانحناء على نفس الأسس التي تبنى عليها الخرسانة المقاومة للانضغاط. غير أن شكل الركام الكبير يؤثر كثيراً على نسبة الماء إلى الإسمنت ومقاومة الانحناء إلى الخرسانة. وعموماً فإن الركام الزاوي يعطى مقاومة أعلى للانحناء عن الركام المستدير أو غير المنتظم إذا ثبتت نسبة الماء إلى الإسمنت. وعليه يجب استخدام نسبة ماء إلى إسمنت أقل في حالة الركام الكبير أو غير المنتظم عن الركام الزاوي إذا أريد الحصول على نفس مقاومة الانحناء لهما. وهذا يؤكد استخدام نسبة أقل للماء إلى الإسمنت، وإنه يلزم نسبة أقل للركام إلى الإسمنت وهذا يعني خلطة غنية.

ومن خلال المنحنى التالي تلاحظ أنه يوضح العلاقة بين معاير الكسر للخرسانة عند 28 يوم ونسبة الإسمنت إلى الماء.



العلاقة بين معاير الكسر عند 28 يوم ونسبة الماء إلى الإسمنت

مثـال: إذا أردنـا تـصميم خلطـة خرسـانية لهـا معـايير كسر قـدره 47 كغـم 8سـم^{2} ويلـزم لهـا تـشغيلية منخفـضة جـداً وركـام ذي مقـاس أكـبر مـن 3/4. قـد يستخدم للخلطة ركام من كسر عير منتظم أو صخور مكسرة زاوية.

بالرجوع إلى المنحنى السابق فإننا نحتاج نسبة ماء إلى اسمنت قدرها 0.41 للركام من الكسر غير المنتظم و0.58 للركام الزاوي لمعاير الكسر المطلوب.

ونستطيع أن نجمل أن الطرق مـن الرابعة وحتـى الثامنـة نـستطيع أن نطلـق عليهـا طريقـة واحـدة وهـي طريقـة البيانـات المجمعـة مـن الخلطـات الخرسـانية الـتي تعتمد هذه الطريقة على الرسومات البيانية والجداول المثبتـة مـن مجموعـة كـبيرة من التجارب والتي تعطي دقة أقرب ما يكون للحصول على خلطات خرسانية جيدة.

يجب الأخذ بعين الاعتبار مجموعة من الحقائق ونقـاط تختص بمواصفات الركام وطريقة تصنيع الخلطة، من ذلك:

أ. المقاس الاعتباري للركام، التدرج الحبيبي، المساحة السطحية للركام وطريقة الخلط والصب ثم الوصول إلى المقاومة وقابلية التشغيل.

ب. من البيانات أعلاه يمكن الاستعانة بالرسومات البيانية والجداول للوصول إلى: كمية الإسمنت في (1م^{3})، نسبة الرمل إلى الركام الخشنة.

مـن البيانـات الـسابقة جميعهـا يمكـن تحديـد نـسب مكونـات الخلطـة الخرسـانية وزنـاً أو حجمـاً علـى أسـاس الحجـم المطلـق للمـتر المكعـب مـن الخرسـانة والذي يـساوي مجمـوع الحجـوم المطلقـة لمكوناتهـا (الحجـم المطلـق للاسمنـت، الرمـل، الركام الخشن والماء).

9. الطريقة التقريبية: وتتم على النحو التالي:

- يضاف الماء إلى وعاء يملأ بالركام حتى تمتلئ جميع الفراغات.

فتكون كمية الماء = حجم الرمل اللازم للخلطة.

- توضع كمية الرمل السابقة في وعاء ويغمر بالماء فتمتلئ جميع الفراغات.

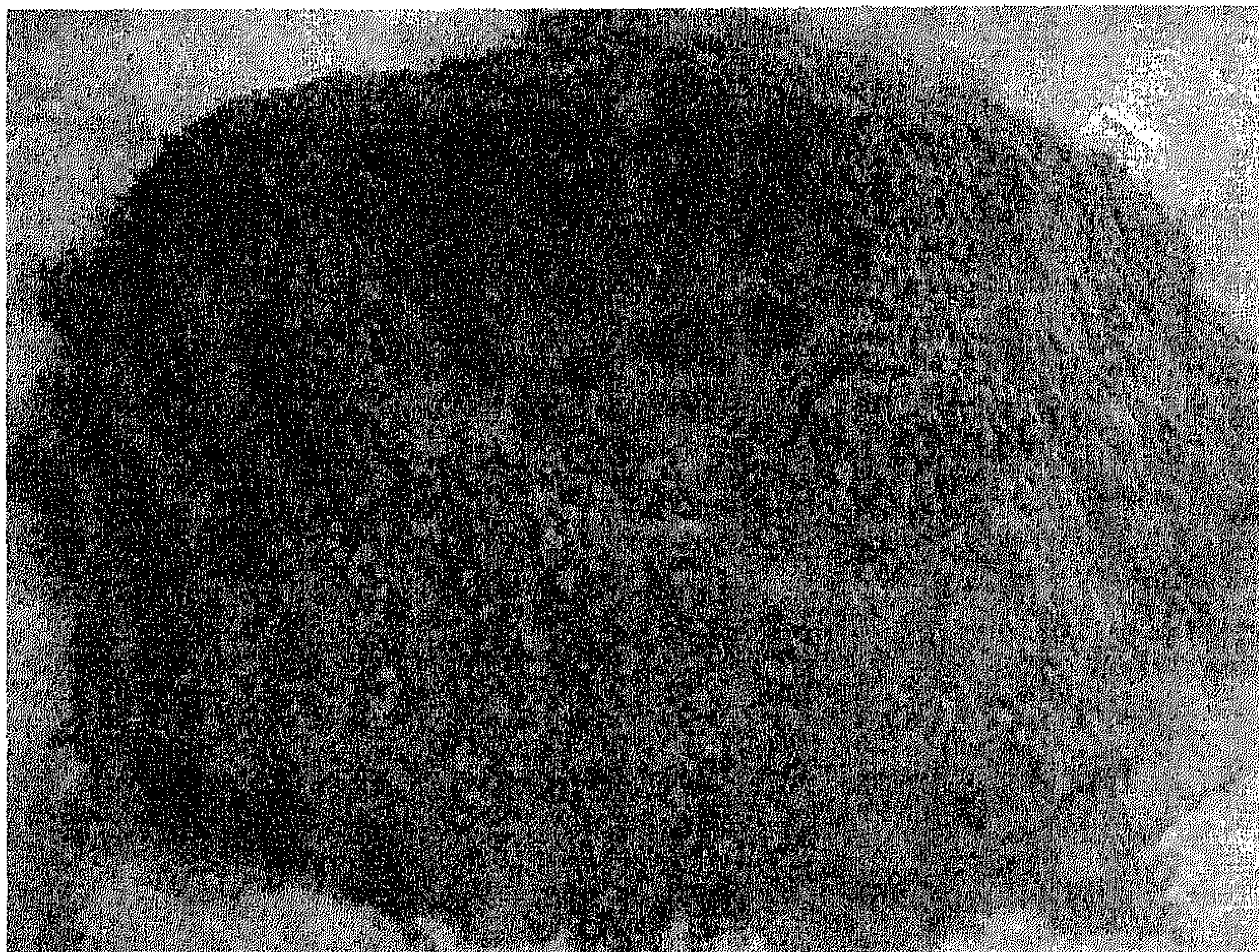
  فتكون كمية الماء = حجم الإسمنت اللازم للخلطة.

- نحدد نسبة الماء/الإسمنت التي تحقق قوة مطلوبة فإنه عندئذ يمكن تحديد كمية الماء اللازمة.
- يعمل مجموعة من الخلطات التجريبية بتشغيل وقوام ويتم تعديل نسبة الماء إلى الإسمنت ونسبة الحصمة الخشنة إلى الناعمة حتى يتم الحصول على خلطة خرسانية متجانسة مطلوبة.

وهناك طرق أخرى في مجال تصميم الخلطات الخرسانية لبعض الدول والهيئات الأكاديمية هي:

- طريقة معمل الخرسانة بأمريكا.
- طريقة معمل أبحاث الطرق ببريطانيا.
- الطريقة الروسية.
- طريقة الجامعات المصرية.

طريقة خلط المونة



إحضار كمية من الرمل



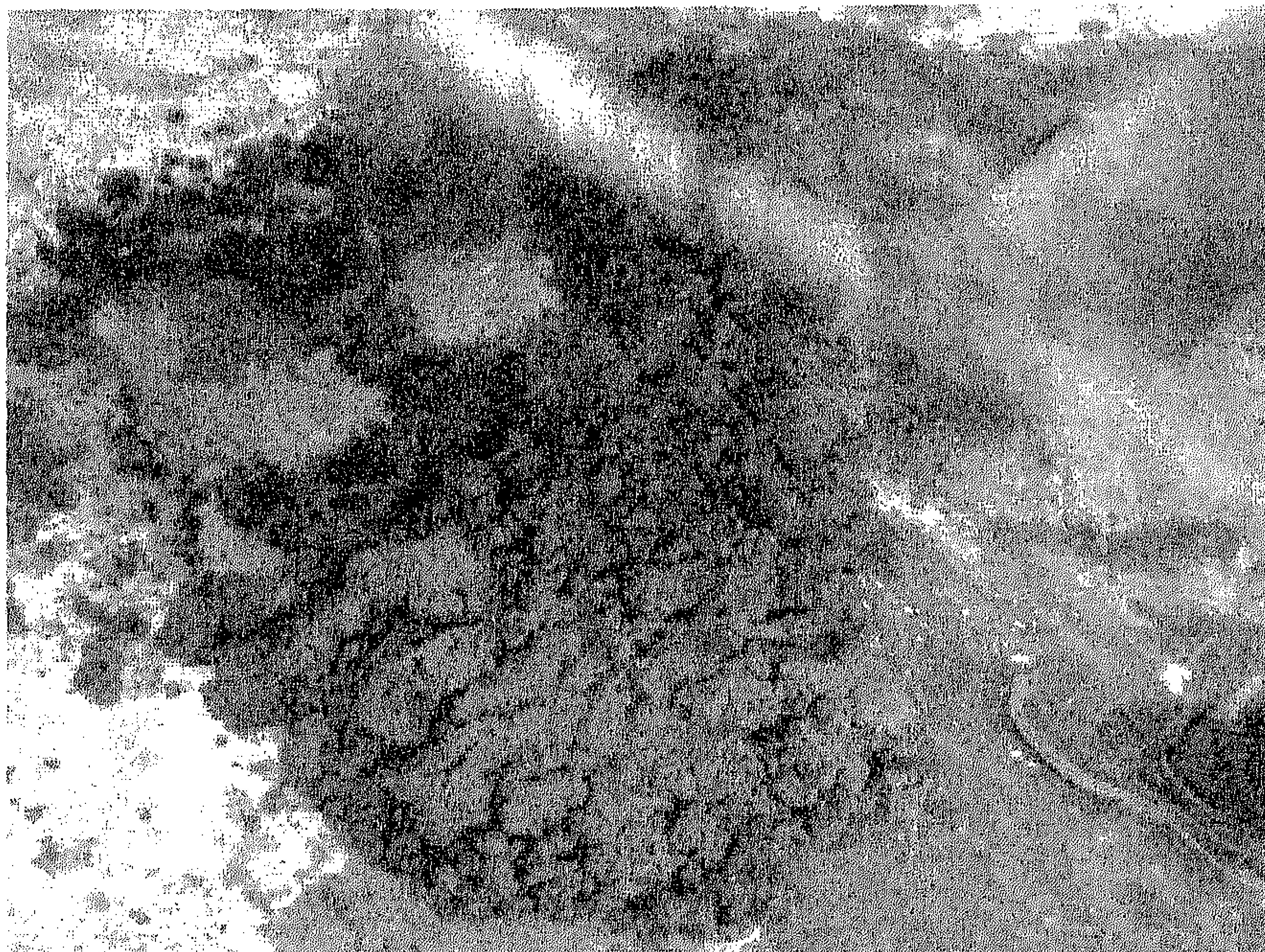
إضافة إسمنت



إضافة نسبة من الماء إليها



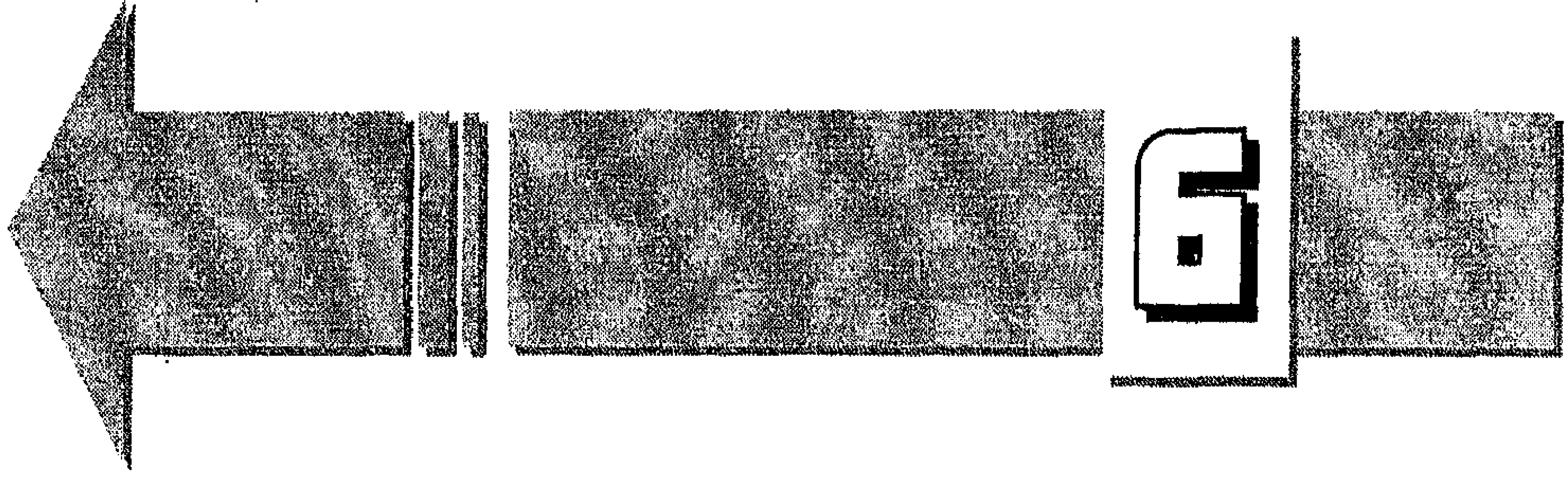
خلط المونة مع بعضها



خلط مواد المونة مع بعض



المونة معدة للعمل



الوحدة السادسة

صناعة الخرسانة

صناعة الخرسانة

مقدمة:

تعتبر الخرسانة مادة من صنع الإنسان حيث أنها استخدمت منذ بداية القرن العشرون كمادة إنشائية في معظم المباني وفروع المباني وفروع الهندسة الإنشائية والمنشآت المختلفة وذلك المميزات التالية:

1. إمكانية التحكم في خواص الخرسانة وذلك عن طريق التحكم في نوعية ونسبة مكوناتها من اسمنت ورمل وركام وماء بالإضافة إلى التطور الحديث في تكنولوجيا صناعة الخرسانة.
2. سهولة صبها وتشكيلها إلى أي شكل مرغوب فيه.
3. إمكانية تطوير وميكنة عميلات الخلط والتجهيز ودمك وصب الخرسانة في القوالب الخشبية.
4. الكفاءة الاقتصادية لها حيث يمثل حوالي 75٪ من الحجم الكلي لها عبارة عن مواد محلية هي الخام.
5. سهولة وقلة تكاليف صيانة المنشآت والمباني الخرسانية مقارنة بالمنشآت الحديدية.

تعريف الخرسانة:

الخرسانة هي بنيان يتركب من عدة مواد والجزء الأكبر في هذا البنيان هو الركام الذي يكون كتلة ذات خواص مع العجينة الإسمنتية التي تتصلد بفعل التفاعل الكيميائي بين الاسمنت والماء. ويمعنى آخر الخرسانة هي عبارة عن خليط غير متجانس من الركام (الحصمة) والأسمنت والماء مع بعض الفراغات ويمكن إضافة بعض المواد الأخرى (المضافات) للحصول على خواص معينة.

يتم اختيار نسب هذه المواد في الخلطة الخرسانية حسب نوع العمل المطلوب والمواد المتوفرة. ومع خلط هذه المواد مع بعضها يتم الحصول على الخرسانة التي

تبدأ بالتصلب التدريجي مع الوقت حتى تصبح صلبة وقوية، وتتفاوت قوتها حسب المكونات الأساسية وكذلك حسب طريقة الرج أثناء الصب ونوعية المعالجة.

والخرسانة عبارة عن خليط من حبيبات غالبا ما تكون صخريه متماسكة مع بعضها البعض بواسطة ماده لاحمة.

والمواد اللاحمة ممكن أن تكون غير عضوية مثل مواد عجينة الاسمنت وهي عبارة عن تفاعل الاسمنت مع الماء، أو مواد عضوية مثل المواد البلاستيكي هو الزفت والبتومين (الخرسانة الإسفلتية) والايبوكسي والبولي استر(الخرسانة البوليمرية أو الخرسانة البلاستيكية او الخرسانة الراتنجية.

عادة ما تطلق كلمة الخرسانة على الخرسانة الإسمنتية التي يدخل في تركيبها الاسمنت والركام والماء.

وتختلف الخرسانة عن بقية المواد الإنشائية الجاهزة مثل الطوب والحديد والأخشاب حيث إنها تحتاج إلى مشرف في الموقع الذي يستطيع أن يصمم خلطها ويراقب صناعتها وجودتها في الموقع بخلاف المواد الأخرى التي يتم مراقبتها وجودتها بالمصنع.

أن اختيار مواد جيدة لصناعة الخرسانة وخلطها بنسب صحيحة ليس وحده المحدد لمقدار جودة الخرسانة كما ليس هو العنصر الكافي الوحيد لإنتاج الخرسانة حيث أن جودة الخرسانة لا تقاس بمقدار جودة موادها ولا بمقدار جودة تصميم الخلطة الخرسانية أو مقدار الاجهادات التي تتحملها ولكن تقاس بمقدار ملاءمتها لأداء وظيفتها في المنشأة المستخدمة فيها وكذلك مقدرتها على مقاومة الظروف المعرضة لها.

لا تصلح الخرسانة لكل منشاة كما لا يمكن أن تتعدى حدودها حيث أن لها عيوباً وحدوداً يجب أن تؤخذ في اعتبار كل من يعمل في هذا المجال وبصفة خاصة مهندس التصميم والتنفيذ. معرفة هذه الحدود في التخلص من بعض الصعوبات

الإنشائية إذ إن إهمالها قد يؤدي إلى مشاكل كثيرة وعواقب وخيمة من الأسباب التي تعمل على تصنيف حدود استخدام الخرسانة.

1. ضعف مقاومة الخرسانة للشد.
2. حركة التمدد بالرطوبة والانكماش بالجفاف.
3. الحركة الناتجة عن الحرارة.
4. منفذية الخرسانة.

يتوقف التطور في الخرسانة على مدى توفر وتطوير المواد الخام المكونة لها (اسمنت – ركام – ماء) ثم تحسين طرق صناعة الخرسانة والتي تشمل: تصميم الخلطة، الخلط، النقل، ماء الصب، الرمل، التسوية، والمعالجة، كما يتوقف التطور في الخرسانة على التقدم في المعلومات الفنية في ذات المجال وعلى تكوين الفئات المدربة الماهرة من العمال لتنفيذ التعليمات المعطاة لهم على الوجه الأمثل.

استعمالات الخرسانة:

أن الخرسانة ذات استعمالات عديدة ومتنوعة في عمليات الإنشاء والبناء في (أساسات المباني، الأعمدة، الكمرات، البلاطات) وفي المنشآت العشرية والجسور والمنشآت المائية ومحطات تنقية المياه ومحطات المجاري وأعمال السدود الخرسانية والمنشآت الساحلية وأعمال العزل وأعمال الطرق والمطارات وفلنكات السكك الحديدية، وما إلى ذلك ويمكن إنتاج الخرسانة على مدى واسع في المنتجات الخرسانية سابقة الصب أو التصنيع مثل البلكونات الخرسانية وأعتاب الأبواب والشبابيك ومواسير المياه وأعمدة الإنارة وأعمال درج السلالم.

طبيعة الخرسانة والمراحل التي تمر بها:

Nature of concrete Audits states:

كما هو فإن لخرسانة العادية تتكون من الاسمنت والركام والماء. بمجرد إضافة الماء إلى الاسمنت والركام وخلطها مع بعض فإن المنتج غالباً ما يكون لدناً وسهل الخلط والتشغيل والذي سرعان ما يتحول إلى مادة جلاتينية تسمى الـ(Gel)

والتي مع مرور الوقت يحدث لها شك وتصلد مع الزمن، وعليه فإن الخرسانة بثلاثة مراحل هي:

1. الخرسانة الطازجة الطرية Fresh concrete:

وهي تطلق على الخرسانة من لحظة إضافة الماء إلى المخلوط وحتى حدوث الشك للاسمنت ومن هذه الحالة تكون الخرسانة لدنة يمكن وضعها وصبها وتشكيلها في أي شكل مرغوب فيه هذا ويجب أن تكون الخرسانة الطازجة سهلة نسبياً في عمليات الخلط والنقل والدمك والتشطيب وذلك بدون حدوث أي انفصال حبيبي لمكوناتها المختلفة خلال هذه العمليات أي انه يجب أن تكون ذات قابلية تشغيل معقولة Workability.

2. الخرسانة الخضراء Green concrete:

وهي تطلق على الخرسانة بعد حدوث الشك لها وبداية تصلبها وفيها تكون الخرسانة غير قادرة على تحمل أي حمل خارجي ولا يمكن تشكيلها بعد هذه المرحلة.

3. الخرسانة المتصلبة Hardened concrete

وهي تطلق على الخرسانة التي يحدث لها شك نهائي وحدث لها تصلب وأصبحت قادرة على تحمل أي حمل خارجي يقع عليها، ويجب أن تكون الخرسانة وهي متصلبة ذات مقاومة كافية للأعمال التي سوف تقع عليها مصحوبة بمقاومة عالية (Durability) وذلك للغرض الذي عملت من اجله.

دور مكونات الخرسانة:

Role of constituent Materials of Concrete:

في المعلوم أن الخرسانة تتكون أساسا من مادة رابطة (عجينة أسمنتية) ومادة مالئة هي الركام.

تعتبر المادة الرابطة هي العامل والمادة الفعالة في الخرسانة وتقوم بالدور التالي:

أ. تملئ الفراغات بين حبيبات الركام وتعمل على سهولة حركة هذه الحبيبات عن طريق تشحيم وتقليل الاحتكاك بينها وهي في مرحلة اللدونة.

ب. تعمل على إكساب الخرسانة خاصية عدم نفاذيتها للماء بعد تصلدها بالإضافة إلى إكساب الخرسانة مقاومتها للأحمال التي سوف تقع عليها في هذه المرحلة.

ويعتبر الركام المادة الخاملة والمالئة والتي يفترض عدم حدوث تفاعل كيميائي لها مع باقي المكونات وتقوم بالأدوار التالية:

1. مادة مالئة رخيصة الثمن للمادة الأسمنتية.
2. أعطاء كتلة مع الحبيبات لها القدرة على مقاومة الأحمال الخارجية التي سوف تقع على الكتلة الخرسانية بالإضافة إلى مقاومة الاحتكاك وفعل العوامل الجوية.
3. تقليل التغيرات الحجمية الناتجة من عمليات شك وتصلب الاسمنت ومن تأثير تغيرات مستوى الرطوبة في العجينة الأسمنتية مع الزمن وهو ما يعرف بانكماش الخرسانة.

أهمية الخرسانة (مميزات الخرسانة):

تم استخدام الخرسانة عن دونها بكثرة وأصبحت أكثر استعمالاً في كافة المنشآت وذلك لأهميتها ومميزاتها.

وأهم ميزاتها:

1. توفر المواد الأولية:

مثل الركام والرمل وكسر الأحجار متوفرة بكثرة في الطبيعة وكذلك متوفر المواد لصناعة الاسمنت (الطين والحجر الجيري).

2. سهوله صناعتها:

تحتاج صناعة الخرسانة إلى مهارات بسيطة وسهلة بخلاف المنشات المعدنية تحتاج إلى مهره ومتخصصين.

3. الإمكانيات العديدة لاستخدامات الخرسانة.

تستخدم في المباني الصغيرة والكبيرة وإنشاء الطرق والمطارات ومشروعات الري والصرف والسدود والجسور والموانى ومحطات تنقية المياه ومحطات مجاري الصرف.

ويمكن إضافتها مع مواد أخرى (قطاعات صلب) القطاعات المركبة أو إضافتها مع أنواع معينة من الألياف غالى الخرسانة إثناء صنعتها لتحسين بعض الخواص مثل تحسين مقاومتها في الشد والانحناء والقص والصدم.

4. زيادة قوة تحمل الخرسانة مع مرور الزمن ومقاومتها للعوامل الجوية:

حتى يكون للخرسانة القدرة على التحمل والمقاومة بمرور الوقت. يجب أن تكون الظروف مهيأة لاستكمال التفاعلات بين الماء والاسمنت وذلك من خلال:

أ. بالتحكم في درجة حرارة الخرسانة لزمن محدد.

ب. تؤثر معالجة الخرسانة في عمرها الأول على خواص الخرسانة المتصلدة مثل المقاومة وقوة التحمل ومقاومة نفاذية الماء وذلك بسبب استكمال التفاعل بين الماء والاسمنت ويكون تطور التصلد كبيرا وسريعا في بداية العمر ولكنه يستمر ببطء إلى فترة زمنية غير محددة.

5. الخرسانة الجيدة تحتاج إلى صيانة قليلة:

الخرسانة بطبيعتها تحتاج غالى صيانة قليلة بالمقارنة بالمنشات المعدنية والخشبية ويشترط أن تكون الخرسانة كثيفة ومراعاة الاحتياطات اللازمة لمنع وصول مياه الصرف إلى سطح الخرسانة.

6. مقاومة الخرسانة للحريق جيدة:

يجب أن يقاوم المنشأ تأثير الحريق لفترة زمنية محدودة يمكن من خلالها إخلاء المبنى والمنشات الخرسانية يجب أن تقاوم الحريق لمده 1– 3 ساعات بدون احتياطات خاصة بالحريق التي تحتاجها المنشات المعدنية والخشبية لتقاوم نفس المدة.

7. الجساء Rigidity:

نتيجة وزن المنشات الخرسانية الثقيل وزيادة جساءتها فإنها أقل تأثيرا بالاهتزازات وأكثر مقاومة لأحمال الرياح والزلازل.

8. ملائمة الخرسانة كمادة إنشائية للشكل المعماري والوظيفة الإنشائية:

الخرسانة تبدو في حالتها المتصلدة تبدو كماده صخريه ذات مقاومه عاليه للضغط إما في حالتها الطازجة فلها خاصية الدونة التي تسمح بتشكيلها إلى أي شكل معماري مطلوب.

أنواع الخرسانة Kind of concrete:

يمكن تصنيف الخرسانة إلى أنواع مختلفة ومتعددة وذلك من عدة وجهات نظر وبالتالي أمكن تسميتها بأسماء مختلفة حسب هذا التصنيف وفيما يلي بيان أسس هذا التصنيف:

1. وفقاً لنوع المادة اللاحمة أو الرابطة لمكونات الخرسانة:

- الخرسانة الأسمنتية Cement concrete.
- الخرسانة الرملية الجيرية Lim –sand concrete.

2. وفقاً لتدرج الركام:

- الخرسانة ذات التدرج المستمر Continuous Grading concrete.
- الخرسانة غير مستمرة التدرج No– Continuous Grading concrete.
- الخرسانة ذات المواد الخشنة فقط Non – Fine concrete.

3. وفقاً لكمية الاسمنت في الخلطة:

- خرسانة غنية بالاسمنت (دسمة) Rich mix concrete
- خرسانة فقيرة بالاسمنت Lear Mix concrete

4. وفقاً لمحتوى وكمية الماء في الخلط:

- خرسانة مبللة Wet concrete
- خرسانة لدنة Plastic concrete
- خرسانة جافة Dry concrete

5. وفقاً لكثافة الخرسانة: طبقاً لوزن وحدة الحجوم للخرسانة يمكن تقسيمها من ناحية كثافتها الى:

- خرسانة ثقيلة جداً Super concrete.
- خرسانة ثقيلة concrete.
- خرسانة خفيفة الوزن lightweight concrete.
- خرسانة خفيفة الوزن جداً lightweight concrete Extra.

6. وفقاً لحالة الخرسانة عقب الخلط مباشرة:

- الخرسانة الطازجة الطرية.
- الخرسانة الخضراء.
- الخرسانة المتصلدة.

7. وفقاً لمقاومة الخرسانة الناتجة ورتبتها:

- الخرسانة ذات المقاومة العادية Normaly Strength Concrete.
- الخرسانة ذات المقاومة العالية High strength concrete.

8. وفقاً لطريقة وكيفية مقاومة الخرسانة بالاجهادات الشد والأحمال الخارجية

- الخرسانة العادية plain concrete.
- الخرسانة المسلحة Reinforced concrete.

- الخرسانة ذات الألياف Fibrous concrete.
- الخرسانة سابقة الإجهاد Priestesses concrete.

9. وفقاً لطريقة ونوع المنتج الخرساني بعد صبه:

- الخرسانة الميثية أو المصبوبة في مكانها concrete Monolithic or Insita.
- الخرسانة سابقة الصب Precast concrete.

10. بالنسبة إلى طبيعة ونوع استخدام الخرسانة بعد تصلبها:

- الخرسانة الإنشائية Structural concrete.
- الخرسانة خفيفة الوزن lightweight concrete.
- الخرسانة الإنشائية خفيفة الوزن.
- خرسانة التحميل Bearing concrete.
- الخرسانة العازلة Insulation concrete.
- الخرسانة المقاومة للإشعاع Atomic – Radiation Shielding.
- الخرسانة الفقيرة بالاسمنت والجافة Dry– Lean concrete.
- الخرسانة المحقونة Pre– packed or Grouted concrete.
- الخرسانة الملونة Colored concrete.
- الخرسانة الكتلة Mass concrete.
- الخرسانة المقاومة للأحماض Acid Resistance.
- الخرسانة الهيدروليكية تحت الماء Hydraulic concrete.
- الخرسانة المقاومة للحرارة Heat Resist.

11. وفقاً للتقنية المستخدمة في صناعة الخرسانة:

- الخرسانة المخلوطة باليد Hand Mixed concrete.
- الخرسانة المدكوكة باليد hand Compacted concrete.
- الخرسانة جاهزة الخلط Mixed concrete –ready.

- الخرسانة المدكوكة بالهزاز Vibrated concrete.
- الخرسانة المضخوخة Pubrated concrete.

أما أنواع الخرسانة من حيث التصنيف العام فسوف نذكر أشهر الأنواع المستخدمة وهي:

1. الخرسانة العادية (Plain Concrete):

الخرسانة بدون أي حديد تسليح وتستخدم في أعمال الفرشات الخرسانية أسفل الأساسات وكذلك في إنتاج الكتل الغير معرضة لاجهادات الشد وكذلك أعمال الأرضيات والسدود وتتراوح مقاومتها بين 150 كجم/سم^2 إلى 200كجم/سم^2.

2. الخرسانة المسلحة (Reinforced Concrete):

هي خرسانة عادية مشترك معها حديد التسليح لمقاومة اجهادات الشد والتي يجب فيها مراعاة التوافق Compatibility وكذلك الاتزان Equilibrium بين الاجهادات والانفعالات في كلاً من الحديد والخرسانة وتتراوح مقاومتها من 250– 400 كجم/سم^2.

3. الخرسانة سابقة الإجهاد (Prestressed Concrete):

هي نوع من أنواع الخرسانة العادية يتم إكسابها اجهادات ضغط قبل تحميلها وهذه الأحمال كفيلة بملاشاة إجهادات الشد الناتجة من تأثير الأحمال وبالتالي لا تحتاج إلى حديد تسليح حيث تكون المحصلة النهائية للاجهادات على طول القطاع بعد التحميل (التشغيل) غالبا إجهادات ضغط..

4. الخرسانة الجاهزة (Precast Concrete):

هي خرسانة تصب وتعالج حتى تمام تصلدها في المصنه ثم بعد ذلك تنقل إلى المنشأ وهذه الخرسانة يمكن أن تكون عادية – مسلحة – سابقة الإجهاد.

5. الخرسانة عالية المقاومة (High Strengthy Concrete):

هي خرسانة ذات مقاومة تزيد عن 600 كجم/سم^2 وقد تصل في بعض الأحيان إلى 1400 كجم/سم^2 ويمكن الحصول عليها باستخدام مادة إضافية مثل الملدنات Super–Plasticigers وذلك حتى يتم تقليل ماء الخلط إلى أقصى درجة مع الحصول على نفس القابلية للتشغيل وبالتالي الحصول على مقاومة عالية.

6. الخرسانة عالية الأداء (High Performance Concrete):

هي الخرسانة لها صفات وخصائص معينة تسمح لها بالعمل في وسط وظروف معينة وهذه الخصائص قد تتضمن خصائص الخرسانة الطازجة (القابلية للتشغيل – القوم...) أو تتضمن خصائص الخرسانة المتصلدة (مقاومة البري – الخدش – الصقيع – الانكماش) وهذه الخصائص قد تكون مجتمعة أو منفصلة بحيث تعطي أداء مختلفاً عن أداء الخرسانة التقليدية المعتادة. والخرسانة العالية الأداء لا يشترط فيها أن تكون عالية المقاومة.

7. الخرسانة المقواة بالألياف (Fiber Concrete):

هي الخرسانة المحتوية على الألياف وهذه الألياف موزعة توزيع منتظم وفي جميع الاتجاهات خلال الكتلة الخرسانية. كما أن الألياف لها القدرة على تحسين مقاومة الخرسانة في الشد والانحناء والقص والصدم والانكماش وتقليل اتساع الشروخ.

واهم خصائص الألياف أنها تزيد من قيمة معاير المتانة بصورة كبيرة وبالتالي تتحول ميكانيكية الكسر في الخرسانة من كسر غير قصفي وتدريجي Ductile Failure إلى كسر مفاجئ وقصفي) ل.(Brittle)Sudden Failure.

8. الخرسانة الرش (Gruite Shotcrete):

وهي خلطة مكونة من اسمنت ورمل بنسبة 4:1 تقريباً ومضافاً إليها الماء للحصول على درجة التشغيلية المناسبة وتضخ هذه الخرسانة بالهواء المضغوط إلى السطح المراد تبطينه وتستخدم في أعمال الترميم وتبطين الأنفاق.

ويعيب هذه الأنواع من الخرسانة التعرض للانكماش بدرجة كبيرة نتيجة كثرة الماء بها أو احتمال عدم التصاق وتماسك المكونات بالأسطح التي ترش فوقها.

9. الخرسانة البوليمرية (Polymer– concrete):

هي خرسانة خاصة يمكن الحصول عليها بمعاملة الخرسانة العادية بمواد البوليمر التي تعمل كمادة لاحمة أو مالئة للفراغات بين حبيبات الركام والتي تمثل (6– 8)٪ من وزن الخرسانة.

البوليمر – مادة عضوية تتكون من العديد من الجزئيات المتشابهة ذات الوزن الجزئي المرتفع مثل بولي استر–Polyester إيبوكسي Epoxy ومن عيوبها ارتفاع التكلفة حيث إنها تمثل (2– 3) أمثال الخرسانة التقليدية ومن مميزاتها مقاومة ضغط عالية 1000 كجم/سم^2 – مقاومة شد 100 كجم/سم^2 مقاومة عالية للانكماش والعوامل الخارجية.

10.الخرسانة الخفيفة (Light weight concrete)

هي الخرسانة التي يقل وزنها عن 2000 كجم/م^3 والغرض من استخدامها هو تقليل وزن المنشأ وبالتالي تقليل تكاليف الأساسات وهناك ثلاث أنواع من الخرسانة الخفيفة:

خرسانة خالية من المواد الرقيقة Fine less Concrete

خرسانة الركام الحفيف Light weight Aggregate

خرسانة مهواه (ذات خلايا) Cellular Concrete

11.الخرسانة الثقيلة Heavy Weight Concrete

هي الخرسانة التي يتراوح وزنها الحجمي 2400 كجم/سم^2 – 6000 كجم/سم^2 والغرض من استخدامها الوقاية من الإشعاع النووي والذري حيث إن قدره الخرسانة على الامتصاص هذه الأشعة تتناسب عكسي مع وزنها.

12.الخرسانة الكتلية (Mass Concrete)

هي خرسانة ذات كتل كبيرة ويستخدم فيها ركام مقاس 15سم وهي تستخدم في خرسانة السدود والخزانات الأرضية.

13.الخرسانة ذات الهواء المحبوس (Air Entrained Concrete)

هي خرسانة بها نسبة من الهواء المحبوس لا تزيد عن 6٪ من حجم الخرسانة (نتيجة استعمال بعض الإضافات – رغويان أو مواد تنتج الهيدروجين نتيجة تفاعله مع الاسمنت بودرة الامونيوم او الزنك). وهى خرسانة تمتاز بأنها أكثر سهولة في التشغيل ولها مقاومة عالية للعوامل الجوية وخاصة الصقيع.

14.الخرسانة الطازجة (Fresh Concrete)

هي الخرسانة التي تبدأ من لحظة إضافة الماء إلى مكونات الخلطة وحتى لحظة حدوث الشك الابتدائي.

(تمتاز هذه المرحلة بالقدرة على الخلط والنقل والصب وهي تمثل 1– 2 ساعة).

15.الخرسانة الخضراء (Green Concrete)

هي الخرسانة المتكونة في الفترة من بداية شك العجينة الإسمنتية وحتى بداية التصلد (الفترة من الشك الابتدائي – الشك النهائي).

وفي هذه المرحلة لا يسمح بالخلط أو النقل أو الصب وهي تمثل 24 ساعة من بداية الصب (وهي خرسانة لا تقوى على تحمل أي اجهادات).

16. الخرسانة المتصلدة (Hardened Concrete)

هـي الخرسـانة في المرحلـة بعـد الـشك النهـائي تمتـاز هـي المرحلـة بزيـادة مقاومة الضغط والقدرة على تحمل الحمال مع مرور الزمن وهي تمثل الفترة من نهاية 24 ساعة وحتى نهاية العمر الافتراضي.

تصنيع الخرسانة:

تمر صناعة الخرسانة في ثلاثة مراحل رئيسة هي:

1. مرحلـة الإعـداد: وتـشمل اختبـار المكونـات وتـصميم الخلطـات وتخـزين المـواد وإعداد الطوبار (الفرم والشدات) وتحضير العبوات والكميات.
2. مرحلة الصب: وتشمل الخلط والنقل والصب والدمك والإنهاء والتشطيب.
3. مرحلة التصلد: وتشمل المعالجة وفك الطوبار والترميم والتسوية.

وسـوف نتنـاول هـذه المراحـل بالتفـصيل حتـى تتكـون لـدينا الفكـرة الكاملـة حول تصنيع الخرسانة:

مرحلة الإعداد:

وتشمل اختبـار المكونـات وتـصميم الخلطـات وتخـزين المواد وإعـداد الطوبـار (الفرم والشدات).

يتم تحديد واختيار النوع المناسب من كل مادة فمثلاً نوع الأسمنت المناسب للعمليـة (بورتلانـدي عـادى أو مقـاوم للكبريتـات أو مـنخفض الحـرارة أو......) وكذلك نوع الرمل المناسب (ناعم أو خشن أو...) وليس المقصود بكلمة المناسب هنا الناحية الفنية فقط وإنما جميع النواحي الأخرى مثل الناحية الاقتصادية مثلاً. كذلك اختيـار المقـاس المناسـب للركـام الكبير طبقـاً لنوعيـة ومقـاس قطاعـات الخرسانة التي ستُصب (قواعد أو أعمدة أو لبشة). وكذلك إمكانية استخدام بعض الإضافات أم لا وفي أي مرحلة من الصب. ثم عمل تصميم للخلطة المطلوبة وتحديد الكميات اللازمة من كل مادة بالوزن والحجم.

التشوين:

يراعى التأكد من توافر كل المواد اللازمة للصبة الخرسانية قبل البدء في الصب. ويتم تشوين المواد في الأماكن المناسبة وبالترتيب المناسب والتي تسهل نقلها إلى مكان الصب ويكون التشوين لكل مادة بالطريقة المنصوص عليها في المواصفات فمثلاً:

الاسمنت: يشون على أرضيات خشبية مهواه ويكون في حماية من رطوبة الجو والأرض والمطر ويجب أن لا يستخدم في أعمال الخرسانة المسلحة أي أسمنت بدأت تتكون به حبيبات متصلدة أو كتل أو مضى على تشويينه أكثر من ثلاثة شهور. يجوز إستخدام الأسمنت بعد ستة أشهر ولكن بعد التأكد من سلامته حسب بعض الكودات.

أما شروط تخزينه فهي:

1. يجب أن يكون مكان التخزين متسعاً لكميات الإسمنت التي يحتاجها العمل أو المشروع.
2. يجب أن لا يمضي على تخزين الإسمنت أكثر من ستة شهور.
3. يجب أن يخزن الإسمنت بطريقة تقيه من العوامل الجوية.
4. يخزن الإسمنت على أرضية من الخشب ترتفع عن الأرض أو على أرض خرسانية ترتفع عن سطح الأرض بمقدار ارتفاع مورينة خشبية.
5. ترص أكياس الإسمنت فوق بعضها البعض بما لا يزيد عن ارتفاع 10– 12 شوال.
6. يجب ترك مسافة مقدرة بحوالي نصف متر من كافة الجهات بين جدران المخزن ورصات الإسمنت.
7. المسافة بين كل رصتين لا تقل عن نصف متر.

الرمل: يكون على أرضيات صلبة نظيفة وبعيداً عن المطر أو أي مواد ملوثة.

الركام: يغسل لإزالة الشوائب منه ويشون على أرضيات خرسانية أو خشبية. ويجب أن نقوم بما يلي:

1. تفصل أنواع الركام حسب التدرج الحبيبي بواسطة حواجز معدنية أو خشبية.
2. توضع على أرضية صلبة.
3. يخزن الركام على شكل أكوام بحيث لا يزيد ارتفاع الكوم عن مترين ويراعى أن لا تكون الأكوام على شكل مخروطي حتى لا يحصل انفصال حبيبي فتتجمع الكسر الكبيرة على الأطراف وتبقى المواد الناعمة في الجزء الأوسط من الكومة. مع مراعاة تسوية سطح الكومة أفقياً.
4. يخزن الركام على شكل طبقات ارتفاع الواحدة لا تزيد عن نصف متر.
5. يجب مراعاة وحفظ الركام من التلوث وتأثرها بالعوامل الجوية.

الماء: عدم الاعتماد على ماء الصنبور خشية حدوث أي عطل وإنما ينبغي تخزين الماء مسبقا في موقع الصب في أوعية لا تصدأ وبعيدة عن مصادر الرطوبة.

الإضافات: تحفظ في مكان أمين في درجة حرارة الغرفة وبعيد عن الرطوبة وأشعة الشمس المباشرة وتراعى جميع التعليمات الخاصة بكل مادة على حدا.

إعداد الفرم والشدات (الطوبار):

الطوبار: هو مجموعة من الألواح أو المراين من الخشب أو الحديد أو الصاج أو البلاستيك توضع بجوار بعضها البعض لتعطي الشكل المطلوب للعنصر الإنشائي بعد إزالته.

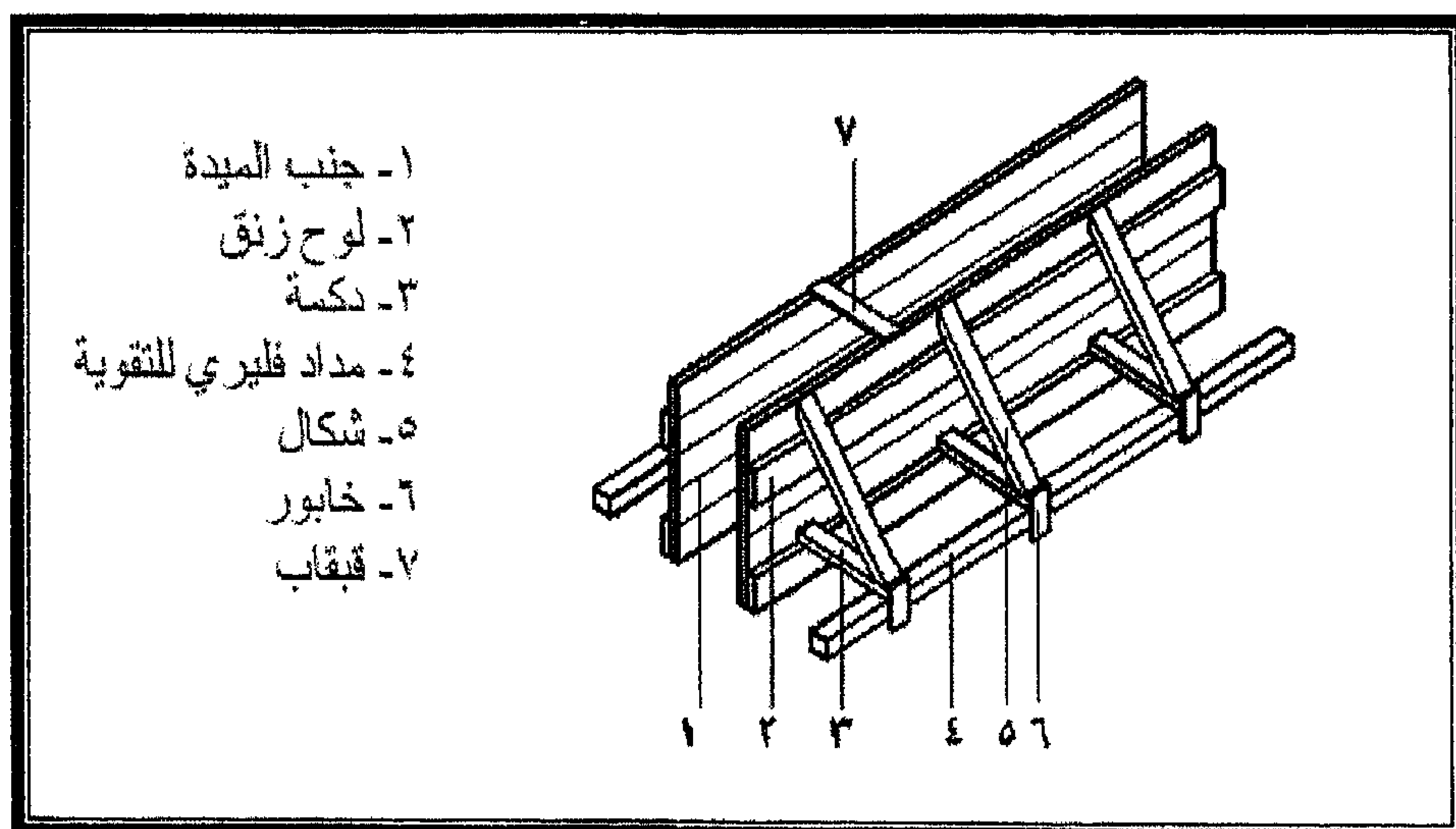
ويتم اختيار نوع الشدات المناسب للعملية (شدات عادية – شدات منزلقة – شدات صلب) وتكون تكون الشدات قوية لتتحمل وزن الخرسانة والأحمال الحية أثناء الصب.كما يجب جب أن ترتكز قوائم الشدات على قواعد ثابتة،و أن تكون القوالب محكمة لمنع تسرب الروبة من الخرسانة. كما أنه يجب تربيط الركائز بحيث لا تؤثر عليها الصدمات الأفقية الناتجة عن حركة العمال أو المعدات الصغيرة وكذلك ضغط الرياح والارتجاجات الناتجة عن المعدات المستخدمة في العمل.

والجدير بالذكر أنه يجب أن ترش أسطح المراين الخشبية بالماء قبل الصب مباشرة لمنع امتصاص الأخشاب لماء الخلط. كما يجب إعداد مسارات للعمل بحيث لا تؤثر حركتها على أبعاد وأشكال حديد التسليح ويفضل يفضل وضع تخانات تفصل بين سطح القوالب والأسياخ فضلاً على انه يجب أن تنظف المراين من الداخل بعناية قبل رص أسياخ التسليح وقبل صب الخرسانة مباشرة وذلك بإزالة الأتربة والفضلات ويمكن أن يتم ذلك باستخدام الماء أو الهواء المضغوط.

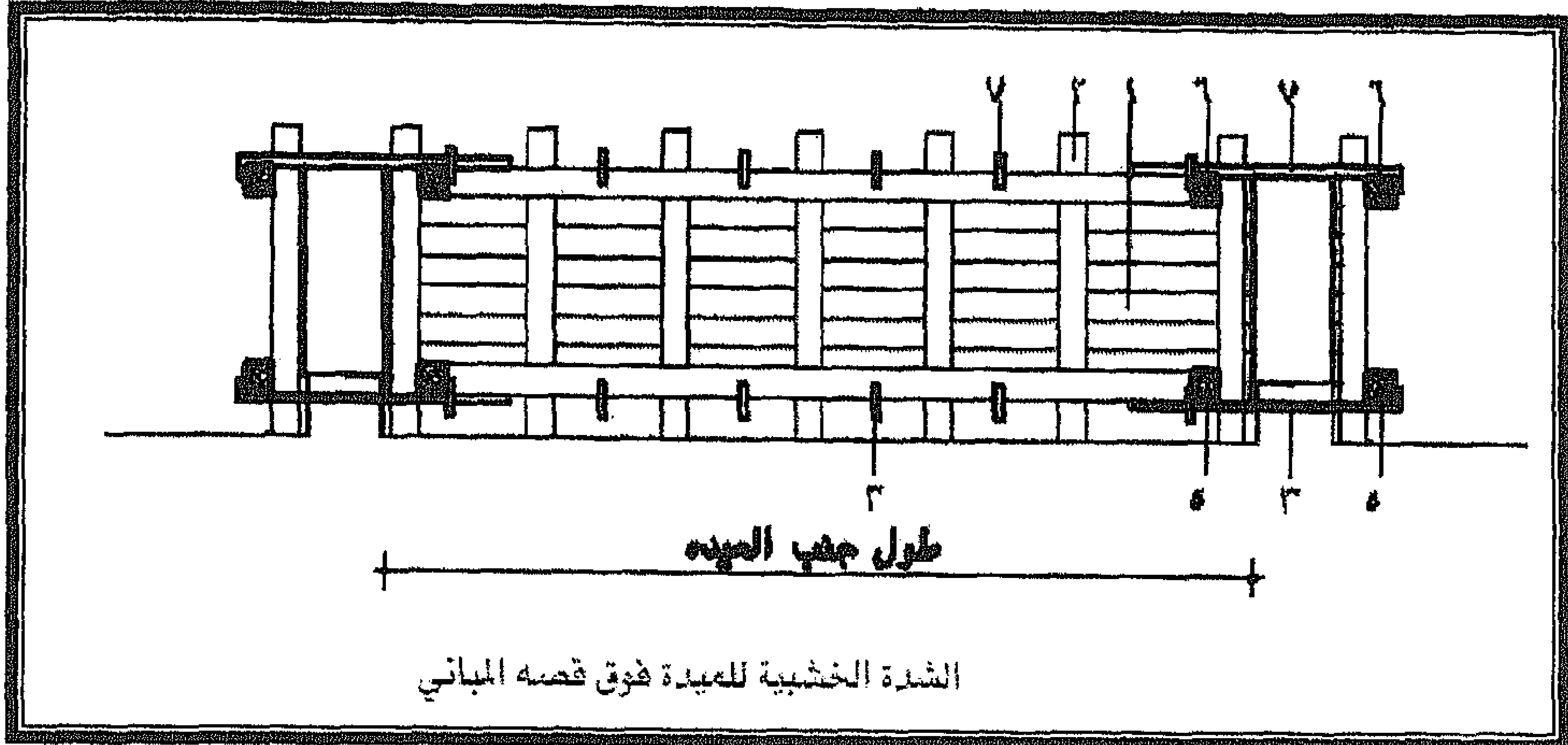
أما على صعيد تشوين وتخزين الطوبار فلا بد مما يلي:

1. تشوين الألواح الخشبية على مراين مرتكزة على أرضية صلبة ويفضل أن تكون خرسانية.
2. ترتب الألواح بشكل عمودي في كل رصة ألواح.
3. يجب ترك فراغات ومسافات بين رصات الألواح للحركة والتهوية.
4. يجب تنظيف الألواح من الأتربة والأوساخ والمسامير قبل عملية الرص.
5. تدهن الألواح الخشبية بمادة زيتية كي تمنع التشقق.

ومعظم الشروط السابقة تطبق على الطوبار المعدني أو البلاستيكي.



أمثلة على خشب الطوبار



الشدة الخشبية للميدة فوق قصه المباني

أمثلة على خشب الطوبار



يبين العرقات في الشدة الخشبية بالسقف

أمثلة على خشب الطوبار

تحضير الكميات والعبوات

الاسمنت: يفضل أن تحتوى عبوة الخرسانة على عدد صحيح من أكياس الأسمنت ولا يسمح بمعايرة الأسمنت بالحجم وفي حالة استعمال الأسمنت السائب يجب قياس الأسمنت بالوزن.

الركام: يقاس بالحجم بصناديق قياس ويجب ملء الصناديق بدون دمك. ويراعى الزيادة في حجم الرمل نتيجة الرطوبة أو البلل وفي الأعمال الإنشائية الهامة يفضل قياس الركام بالوزن.

الماء: يقاس باللتر أو بالكيلوجرام ويجب أن يؤخذ في الاعتبار كمية الماء المحتمل وجودها في الركام.

والجدير بالذكر أنه من المفضل أن تحضر كميات الأعمال الإنشائية الهامة بالوزن ومراعاة نسب المواد والأعمال العادية الحجم للكميات الخاصة بالمواد.

مرحلة الصب:

وتشمل الخلط والنقل والصب والدمك والإنهاء والتشطيب.

الغرض من الخلط:

هو تحويل العناصر المكونة للخرسانة إلى خليط متجانس التكوين في أقل وقت ممكن وبأقل كمية من المواد المخلوطة بحيث عندما تنتهي عملية الخلط تكون كافة حبيبات الركام مغطاة بعجينة الإسمنت.

وقبل خلط مواد الخرسانة يجب التأكد من نظافة الرمل والزلط (أو السن) ولذلك يجب تنظيفهم من أي مواد عضوية عالقة بها وذلك بهزهم في المنخل وغسلهم بالماء قبل استعمالهم لأن وجود نسب كبيرة من أو المواد العضوية أو الأملاح في الخرسانة يسبب تأكل وصدى الحديد الموجود فيها ويضعف من قوتها. ويتم خلط المواد الأولية للخرسانة عموما بطريقتين رئيسيتين :

بعد تنظيف الرمل والزلط، تخزن المواد في مكان مناسب بالموقع بعيدا عن الرطوبة، يتم خلط الخرسانة يدويا بطريقة استعمال الجاروف (الكريك) وذلك لخلط كميات قليلة من الخرسانة.

أما الخلط اليدوي الشائع الاستعمال للكميات الكبيرة من الخرسانة فيتم بوضع حجم عدد 2 صندوق كيل Batch box من الزلط أو السن يضاف عليهم

حجم صندوق كيل من الرمل وعدد أكياس اسمنت المطلوبة ثم تخلط هذه المواد على الناشف ثلاث مرات على طبلية مستوية صماء من ألواح خشب أو أي مادة مماثلة باستعمال الجاروف ذو الشداد وبعدما يصبح لون المخلوط متجانسا يضاف الماء تدريجيا بالقدر المطلوب للخلط، ويستمر التقليب والخلط ثلاث مرات حتى يتجانس لون وقوام الخلطة.

وطريقة الخلط اليدوي بأن يفرد الركام والرمل أولاً على سطح صلب نظيف ثم يفرد الإسمنت على المزيج وتخلط المواد جيداً بالكريك أو المجرفة حتى يصبح الخليط متجانساً ومنتظم اللون. وتكون عملية الخلط دون استخدام الماء وتقلب ثلاثة مرات ثم يتم عمل تجويف وسط الخلطة ويصب الماء داخل التجويف ببطء ويقلب الخليط من الخارج باتجاه المركز ويستمر الخلط والتقليب حتى يتم الحصول على خلطة متجانسة ذات قوام تشغيلي مناسب.

طريقة خلط المونة



إحضار كمية من الرمل



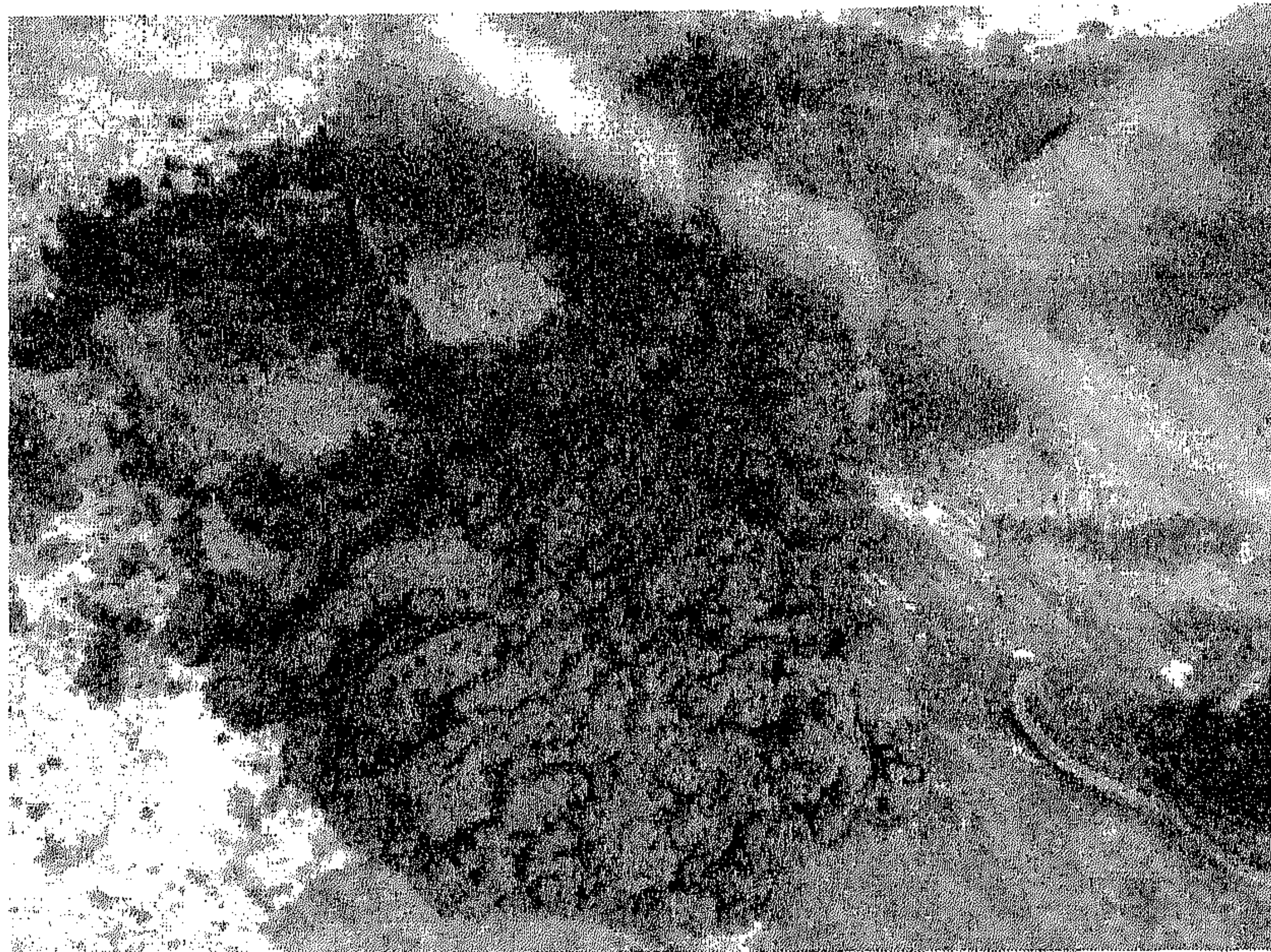
إضافة إسمنت



إضافة نسبة من الماء إليها



خلط المونة مع بعضها



خلط مواد المونة مع بعض



المونة معدة للعمل

الخلط الميكانيكي:

تخلط الخرسانة ميكانيكيا بالنسب المطلوبة في خلاطات ذات سعة مناسبة مع تناسب حجمها بمعدل النقل والصب للعملية وتستعمل الخلاطات في موقع العمل ويتناسب عدد الخلاطات مع نوع وطبيعة العمل ومع كميات الخرسانة المطلوبة.

وقد تجهز الخرسانة أوتوماتيكيا في محطات خاصة تعرف باسم محطات تجهيز الخرسانة Ready Mix ومنها تنقل إلى موقع العمل عن طريق عربات مجهزة Concrete mix trucks وتتم طريقة الخلط في محطات تجهيز الخرسانة بطريقتين:

طريقة الخلط المركزي:

تخلط وتجهز الخرسانة في هذه الطريقة في محطة تجهيز الخرسانة ويكون مكانها غالبا قريب موقع المشروع وتتم العملية كالأتي:

يفرد الركام (السن) والرمل ويتم تنظيفهما بالمياه حتى يصبحا مشبعين بالمياه والسطح جاف وخصوصا في الجو الحار ثم يشونوا إلى أماكنهم الخاصة القريبة من صومعة السائب وخزان المياه وبعد قياس مواد الرمل والركام (الركام أو السن) والأسمنت يصب المخلوط في خلاط مركزي ويخلط على الناشف أولا عدة مرات ثم يضاف عليه الماء بنسبة معينة وعادة تحدد نسبة الماء/الأسمنت / Water Cement ratio على حسب نوع الخرسانة المطلوبة فتجهيز خرسانة بلاطة الأرضيات مثلا تكون نسبة الماء للأسمنت 0.7 (لعدم الحاجة إلى مقاومة عالية من الخرسانة فبالتالي تزيد نسبة المياه) أما تجهيز خرسانة الأسقف والأعمدة والكمرات فتكون نسبة المياه للأسمنت فيها حوالي 0.5 (للحاجة إلى مقاومة عالية، فوجب تقليل نسبة المياه لتزيد المقاومة).

تنقل الخرسانة إلى الموقع عن طريق عربات مجهزة لذلك ويجب ألا يزيد مشوارها من المحطة إلى موقع العمل عن 45 دقيقة وهي المدة الكافية لتكوين

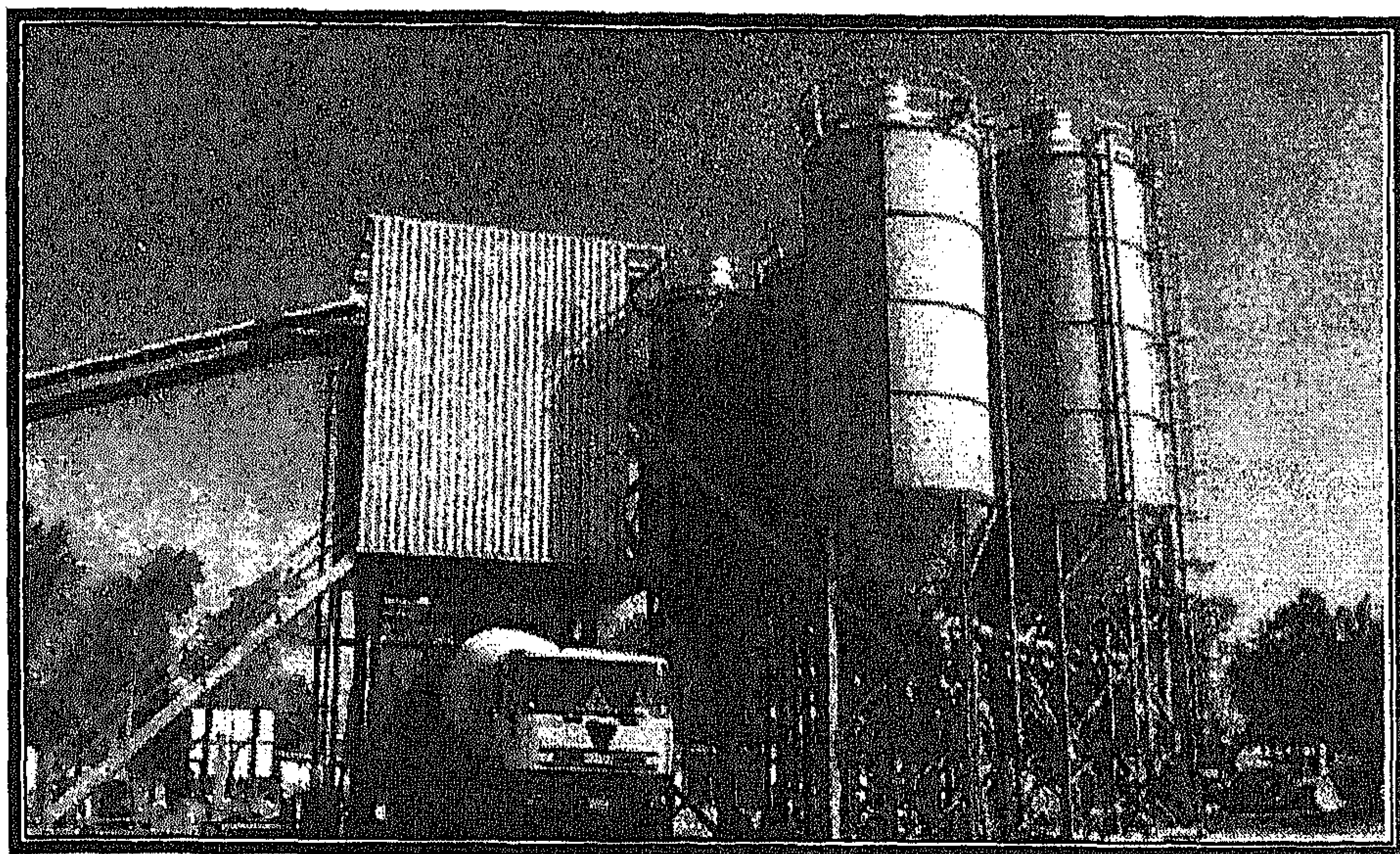
للخرسانة.لكن في الأجواء الحارة يجب أن يقل المشوار عن 45 دقيقة وذلك لأن سرعة الشك تتناسب طرديا مع درجه الحرارة، فبزيادة درجة الحرارة يقل زمن اللازم لحدوث الشك. ومن العيوب أيضا انه في حالة الطرق الغير ممهدة يحدث ما يمسى بال وهو انفصال مواد الخرسانة عن بعضها، مما يؤدي الى ضعف مقاومتها بعد الشك. ويجب أن تقلب الخرسانة ببطء داخل اسطوانة العربة الناقلة أثناء النقل لمنع انفصال مواد الخرسانة أو تماسكها.

طريقة الخلط إثناء النقل:

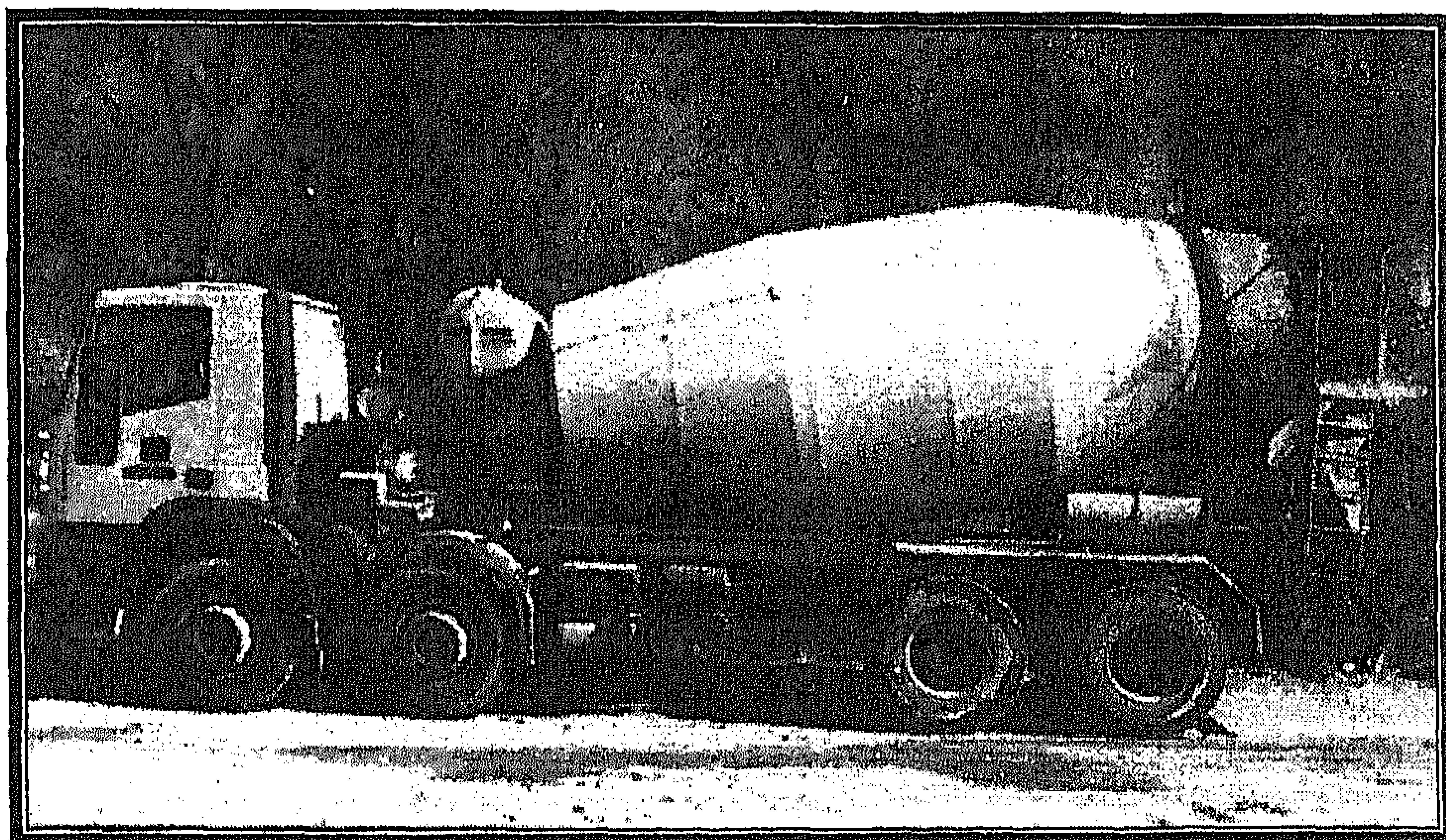
تخلط مكونات الخرسانة على الناشف في الخلاطة المركزية كما في طريقة الخلط المركزي إلا انه يتم خلط الخرسانة بالماء في العربة الخلاطة إما أثناء النقل لموقع العمل أو قبل الصب مباشرة، من فوائد هذه الطريقة أنها تعطى وقتا أكبر في النقل إلا أن عيبها يتمثل في أن سعة العربة الخلاطة عادة تكون حوالي 4/3 سعة العربة الناقلة للخرسانة الجاهزة وذلك لأن خلط مكونات الخرسانة بالماء يقلل من حجمها، كما يجب أن تكون سرعة تقليب الخرسانة أثناء النقل تتراوح بين 2– 6 دورة/دقيقة للحفاظ على قوام الخرسانة.

أنواع خلاطات التي تعمل على خلط الخرسانة:

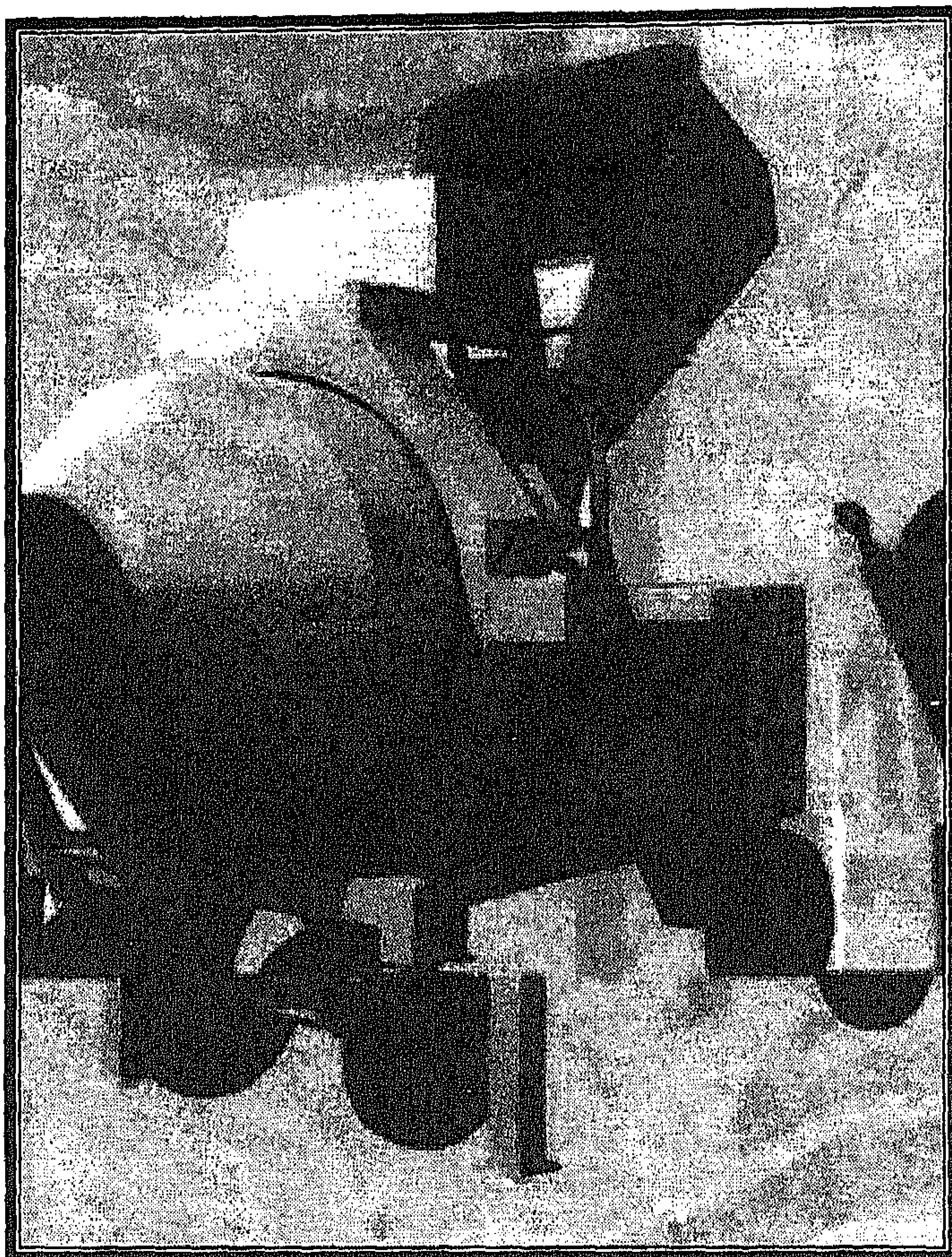
1. الخلاطة الحجمية (الخلاطة النحلة).
2. الخلاطة الحجمية ذات المنصة.
3. الخلاطة ذات القابوس.



عربة سعة 10 متر مكعب لخلط ونقل الخرسانة



صوره لخلاطة موقع سعه 0.75 متر مكعب



(عربه خلط ميكانيكي)

زمن الخلط:

يجب أن لا يقل زمن الخلط عن دقيقتين بعد وضع الأسمنت والركام أو لا يقل عن دقيقة واحدة بعد إضافة الماء. وذلك حتى يصبح الخليط متجانس في اللون والقوام مع مراعاة عدم زيادة سرعة الخلاط عن السرعة المحددة له حتى لا يحدث انفصال حبيبي كذلك لا يجب زيادة زمن الخلط عن 5 دقائق لنفس السبب.

النقل:

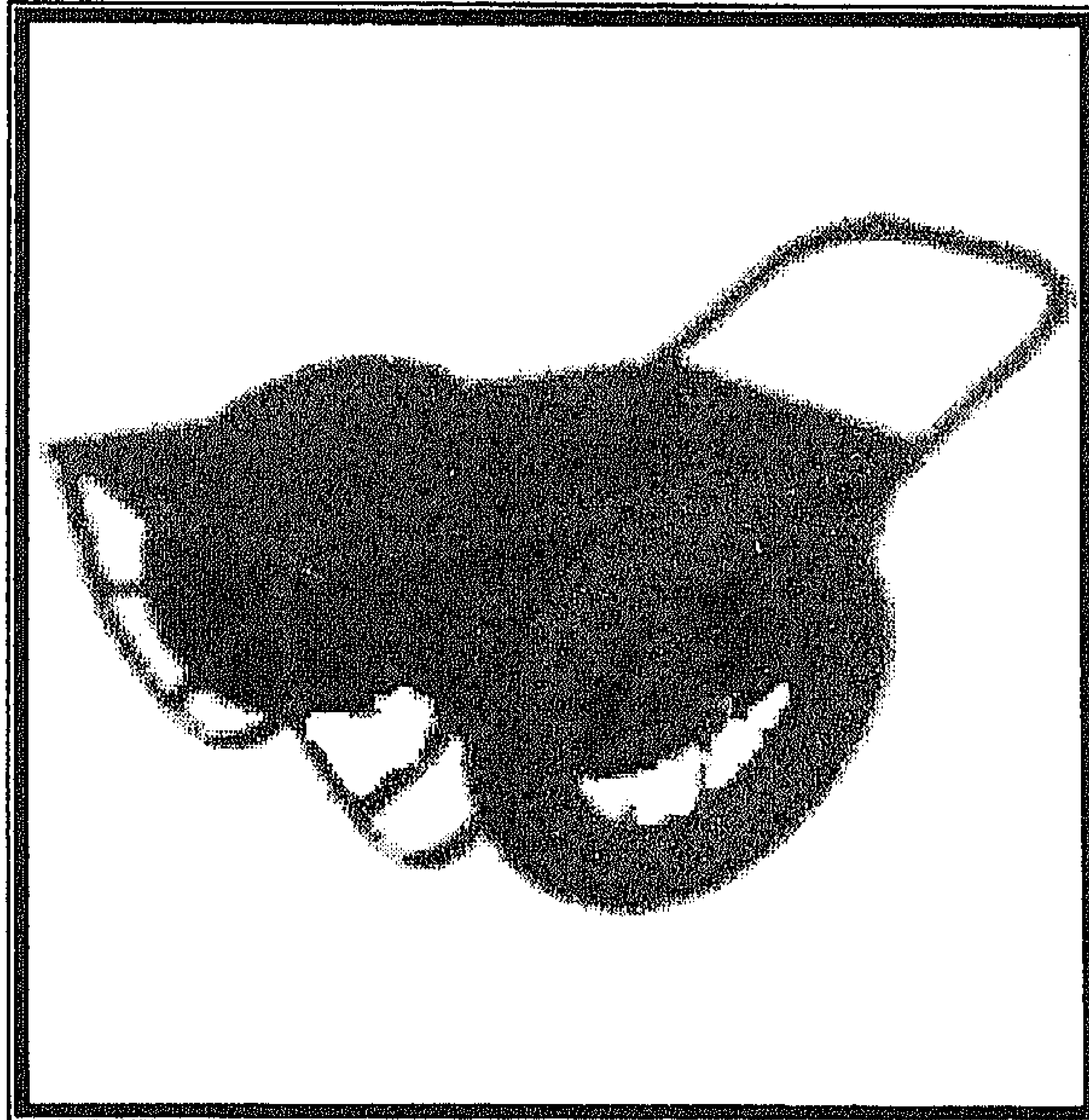
يلزم صب الخرسانة بعد تمام خلطها مباشرة مع مراعاة تجنب انفصال مكوناتها على أن لا تزيد المدة مابين إضافة ماء الخلط وصب الخرسانة على 30 دقيقة في الجو العادي و20 دقيقة في الجو الحار وأن يتم دمكها قبل مضي 40 دقيقة في الجو العادي و30 دقيقة في الجو الحار أما إذا استلزم الأمر زيادة الفترات السابقة فإنه يلزم إضافة مؤجلات للشك عند الخلط بعد موافقة المهندس الاستشاري للمشروع وذلك حتى لا تجف الخرسانة أو يحدث لها شكا ابتدائيا وخاصة في الأماكن الحارة وحتى لا يحدث وصلات أو فواصل في الخرسانة المصبوبة.

أدوات نقل الخرسانة:

تجدر الإشارة أن هناك عدة وسائل لنقل الخرسانة إلى مكان الصب وتختلف استخدام هذه الوسائل حسب طبيعة المنشأ. وتتم عملية النقل مع الحرص على عدم اهتزاز الخرسانة حتى لا يحصل انفصال حبيبي ومنها:

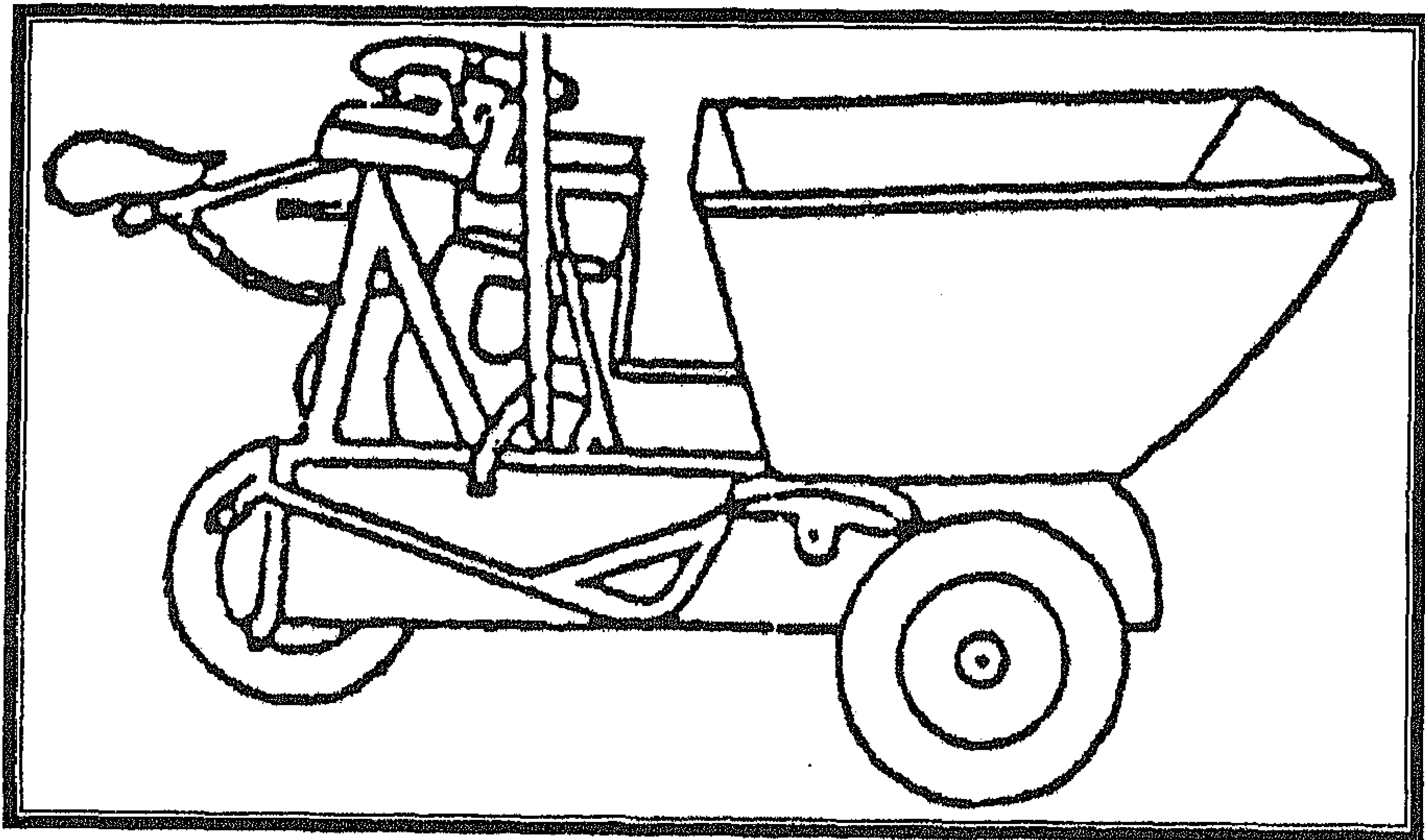
1. العربات اليدوية الصغيرة:

وهي مكونة من عجلة واحدة أو ثلاث عجلات تنقل إلى موقع الصب مع الخلاطة وتجر باليد.



2. 2– الدنابر الصغيرة:

يستعمل هذا النوع لنقل كميات الخرسانة الصغيرة والمتوسطة في مواقع العمل متوسطة الحجم، في حال كون المطلوب نقل الخرسانة في مستوى واحد وعلى الأرض، وتستعمل الدنابر عندما يكون مكان الخلط بعيداً قليلاً عن منطقة الصب، وإذا كان المقصود رفع الخلط إلى مستويات مختلفة في المنشأ، يكون عمل الدنبر إيصال الخليط الخرساني إلى مكان الرفع فقط، وهي تعمل على محركات احتراق داخلي يقوم بالعمل عليها سائق مدرب.



الدنابر

3. القلابات الصغيرة والكبيرة:

يستعمل هذان النوعان لنقل كميات الخرسانة المتوسطة والكبيرة نسبياً وهما من أرخص وسائط النقل وأسهلها، ولنقل الخليط بها يجب أن تكون الخلطة الخرسانية معتدلة القوام، حتى لا يحدث انفصال حبيبي بين مكوناتها، عندما تكون الخلطة طرية أو مبتلة، أما إذا كانت الخلطة الخرسانية جافة فإنه يحدث تصلب، يؤدي إلى صعوبة تفريغها عند استعمال هذه الوسائط يجب أن يكون صندوقها نظيفاً وسطحها الداخلي أملساً، وعادة تكون هذه القلابات بحمولات مختلفة تقدر بالمتر المكعب، وهي في الغالب تقوم بنقل الخليط من الخلاطات المركزية إلى موقع الإنشاء.



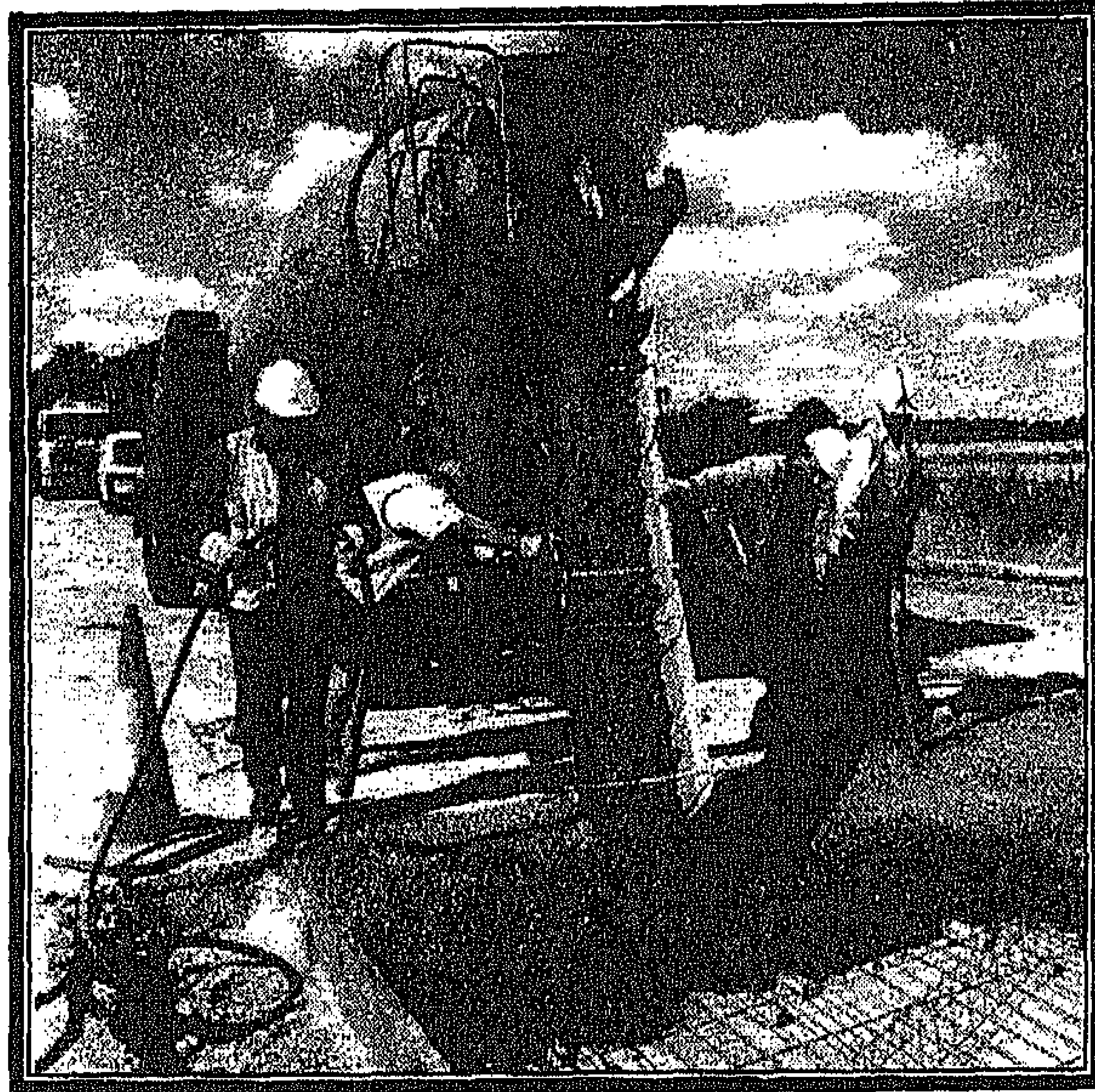
قلابات

4. الشاحنات الخلاطة:

تستعمل عندما يكون موقع الصب للخرسانة بعيداً عن مكان تخرين المواد، أو عن موقع الخلاطة المركزية وفي هذه الحالة يتم نقل المواد كالآتي:

أ. توضع مكونات الخليط الخرساني باستثناء الماء في الشاحنة، إذ إنه يمكن خلطها جافة.

ب. عندما تتبقى مسافة بسيطة، ويكون قطعها ممكناً في مدة زمنية لا تتعدى (15) دقيقة، أو كأقصى حد ضمن المدة الزمنية قبل بدء الشك للخليط الخرساني، يزود الخليط بالماء من الخزان الخاص المزودة به الشاحنة، ويتم خلط الخليط في أثناء سيرها من أجل كسب بعض الوقت وتعد هذه الطريقة عملية في أثناء الصب داخل المدن والمناطق المزدحمة، إذ يتعذر تخزين مواد الخرسانة وخلطها في موقع العمل.

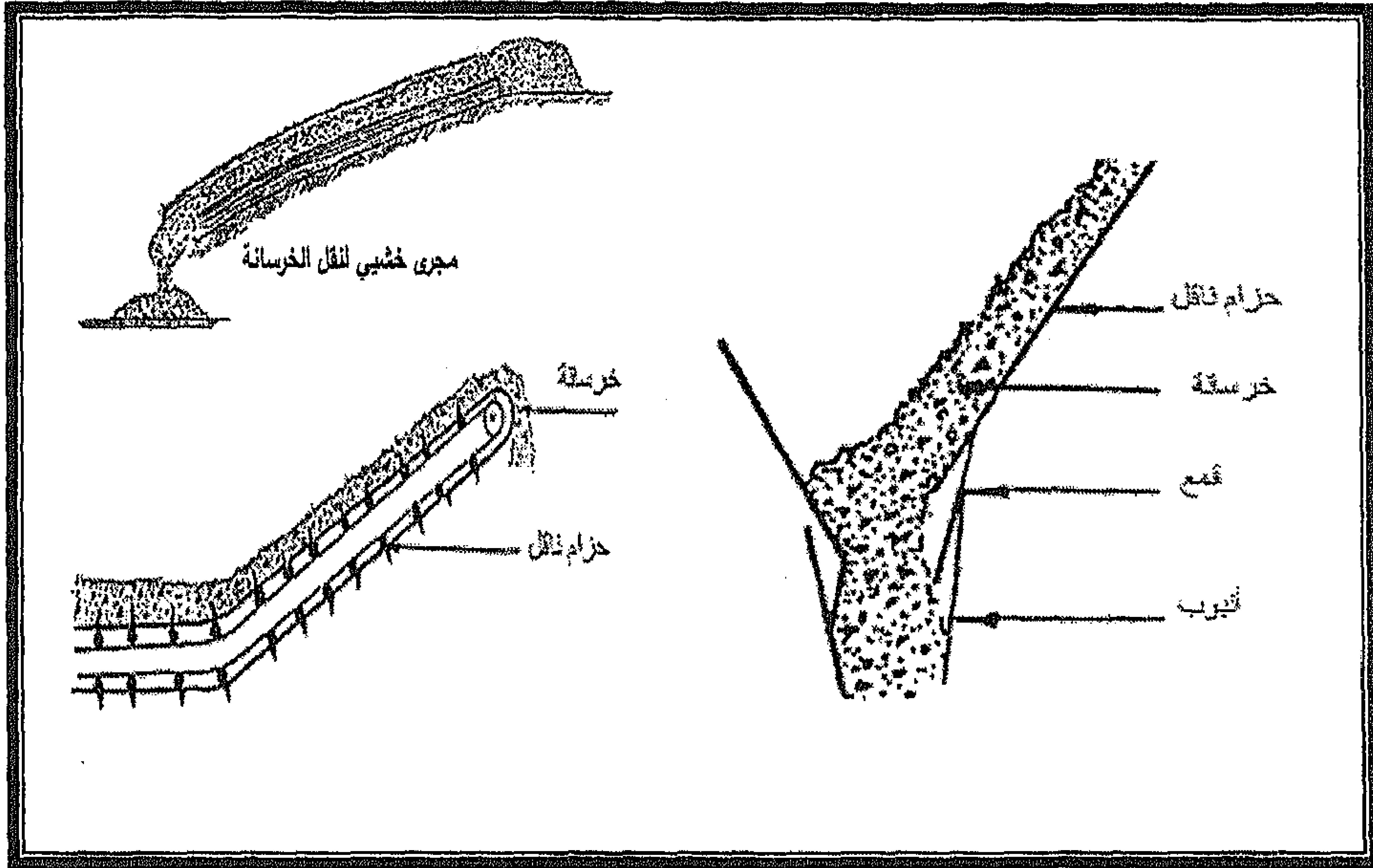


شاحنات خلاطة

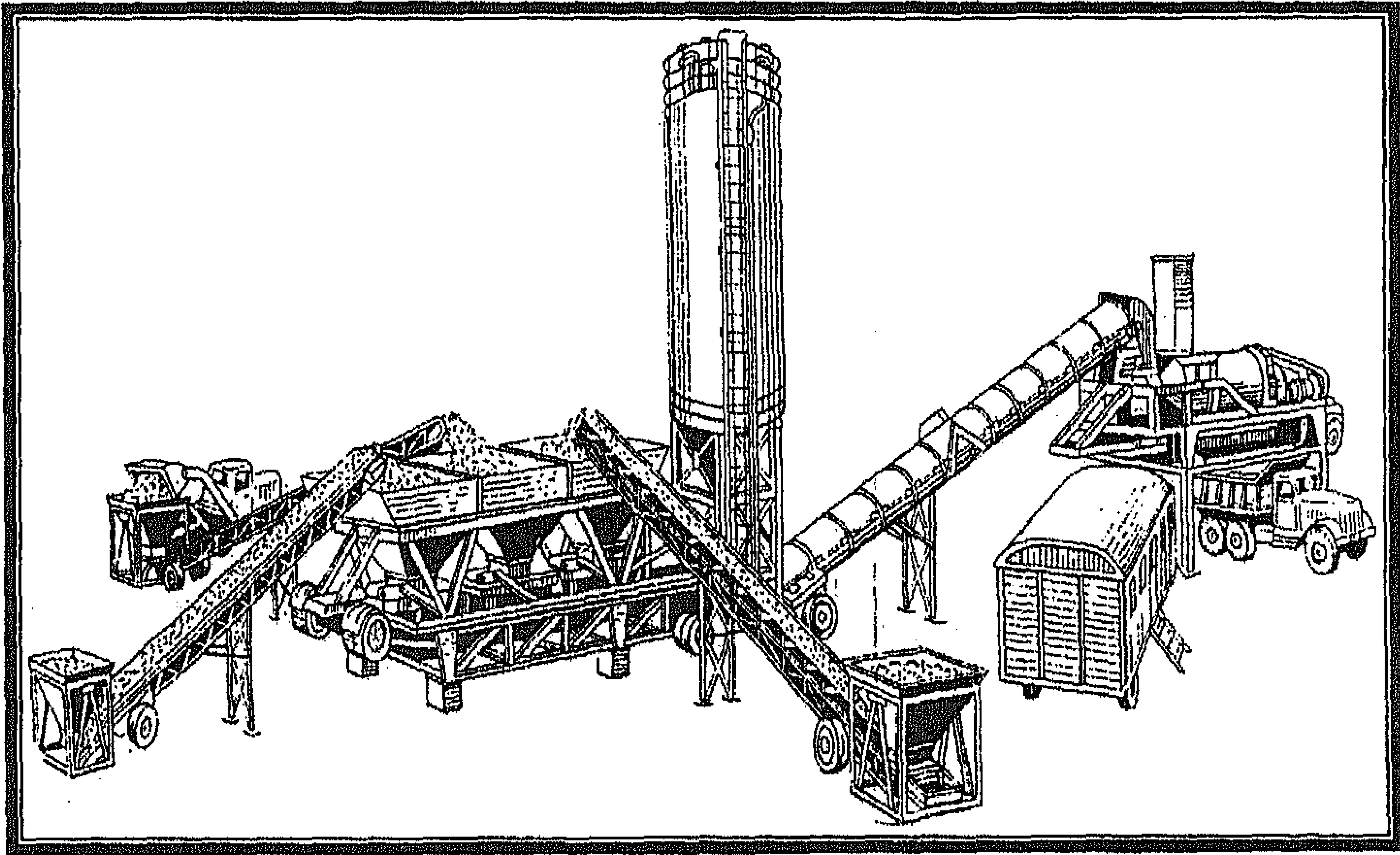
5. المزاريب والأقشطة:

أ. المزاريب المعدنية أو الخشبية: تستعمل في حالة صب الخرسانة لمسافات وارتفاعات صغيرة، ويجب الحذر في هذه الطريقة من انفصال مكونات الخرسانة، كما يجب أن تكون للخرسانة خاصية السيولة دون انفصال الحبيبات، هذا ويجب أن يفحص المجرى المعدني أو الخشبي المستعمل ويغسل وينظف، للتأكد من عدم انسداده بالخرسانة بعد مدة من العمل، أو إذا أريد التوقف عنه لفترة من الزمن.

ب. السيور الناقلة (الأقشطة): تستعمل هذه الطريقة في نقل الخرسانة لمسافات قصيرة، ويمكن بها رفع الخرسانة إلى عشرة أمتار، أو أكثر دون صعوبة، لكنها غير صالحة للنقل عندما تكون فيها الخرسانة لينة، أو في الأماكن المنحدرة انحداراً كبيراً، فتكون هنالك قابلية لانفصال مكونات الخرسانة، كذلك قد يحدث الانفصال عند صب الخرسانة في نهاية الأحزمة، ولتجنب ذلك يستعمل القمع.



المزا ريب والأقشطة



خلط الخرسانة وتظهر المزاريب والأقشطة المتنوعة

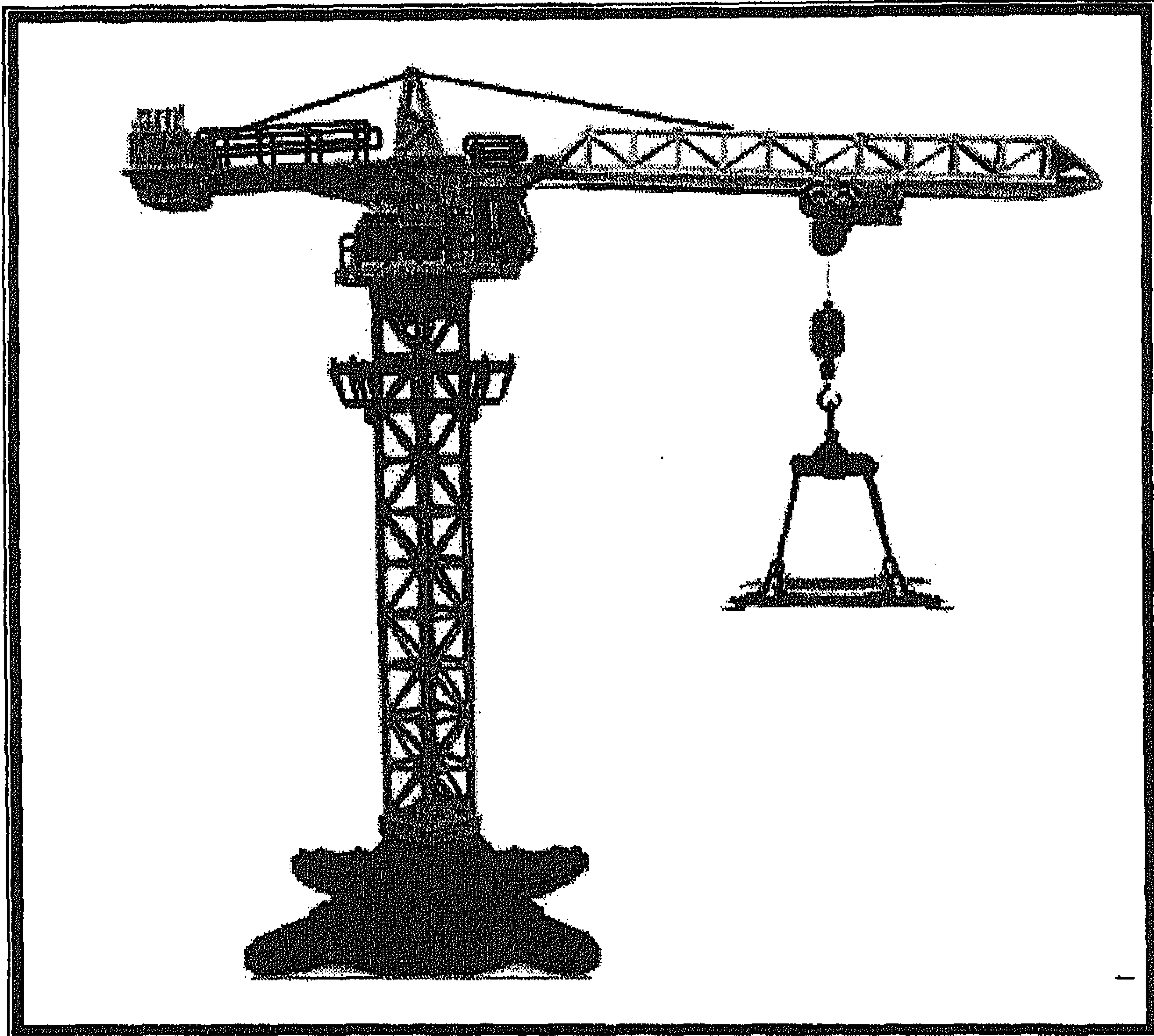
6. الرافعات الصغيرة:

تستعمل هذه الرافعات في المباني قليلة الارتفاع التي يكون فيها حجم العمل الخرساني قليلاً نسبياً، إذ إن الرافعة مزودة بدلو يقلب لتفريغ الخرسانة عند

وصولها إلى الارتفاع المطلوب، وفي الغالب تستعمل هذه الرافعات في أثناء صب العقدات الخرسانية فتكون مثبتة على أحد أوجه البناية، وبجانب الرافعة عند الأرض يكون موقع الخلاطة الخرسانية، إذ ينقل الخليط الخرساني من الخلاطة للرافعة مباشرة.

7. الرافعات البرجية CRANES:

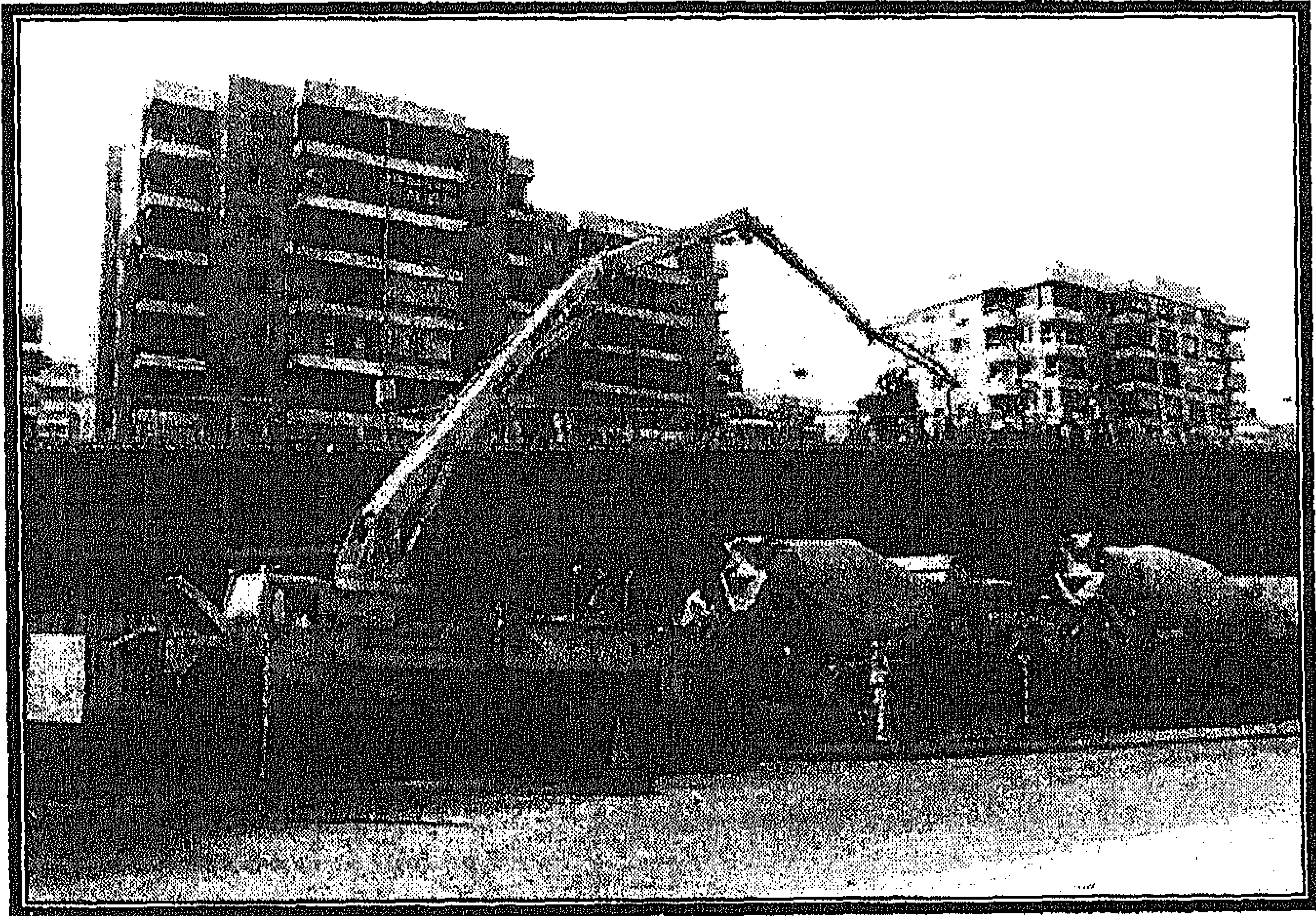
تستعمل هذه الرافعات في المباني ذات الارتفاع العالي التي يكون حجم العمل الخرساني فيها كبير نسبياً، وتكون هذه الرافعات مزودة بدلو يفتح من الأسفل لتفريغ الخرسانة عند موقع الصب وفي الغالب تكون إنتاجية هذه الرافعات عالية نسبياً، مع العلم أن استخدامها غير مجد اقتصادياً عندما يكون حجم العمل قليلاً.



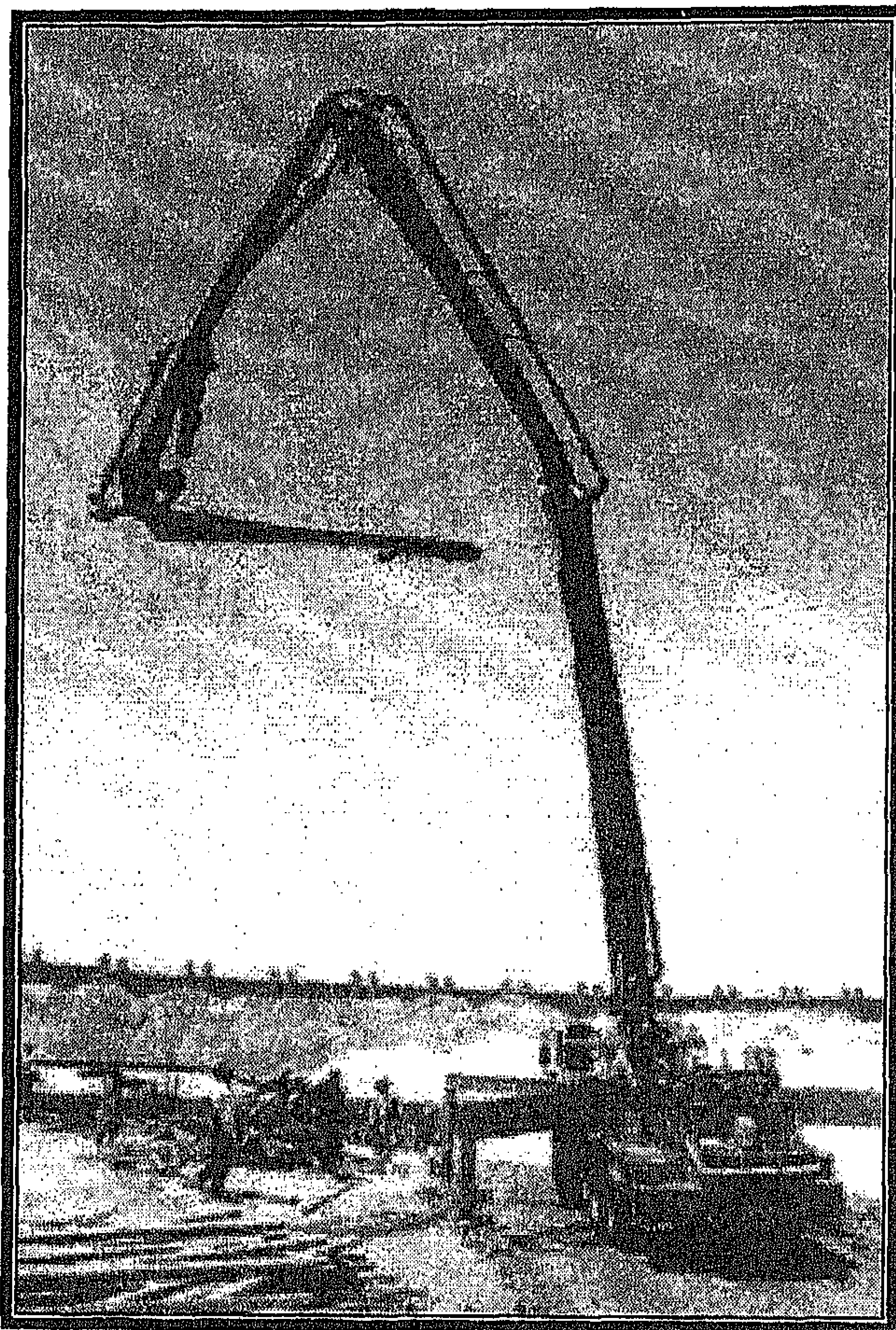
رافعة برجيه

8. الشاحنات الضاخة للخرسانة:

تستعمل هذه الطريقة في نقل كميات كبيرة من الخرسانة، عن طريق ضخها بوساطة مضخات تكون مركبة على شاحنات، يتم إيقاف الشاحنات في مكان مناسب، ويورد الخليط الخرساني ويفرغ في المكان المخصص للضخ منه، سواء أكان هذا المكان موجوداً في الشاحنة أو في مكان قريب، حيث يتم ضخ الخرسانة بمواسير معدنية أو بلاستيكية أو من المطاط مع مراعاة أن يكون عدد الأكواع في هذه المواسير أقل ما يمكن، كما ويجب أن يكون قواعد الخرسانة المنقول بهذه الطريقة قواماً مناسباً، وأن تكون نسبة الإسمنت في الخيط كافية لتشحيم المواسير، ومنع انسدادها، وفي العادة تكون أقصى مسافة يمكن ضخ الخرسانة لها (300)م تقريباً، وأقصى ارتفاع (190)م، وتتطلب هذه الطريقة العناية والخبرة، إذ يجب العناية بتنظيف المواسير، وغسلها جيداً، ويجب استعمال خلطة الخرسانة المناسبة، وأخذ الحيطة لمنع توقف الصب، وتلافي انسداد المواسير، وقد تجهز سيارات الخلط نفسها بمضخات لضخ الخرسانة لمواقع العمل.



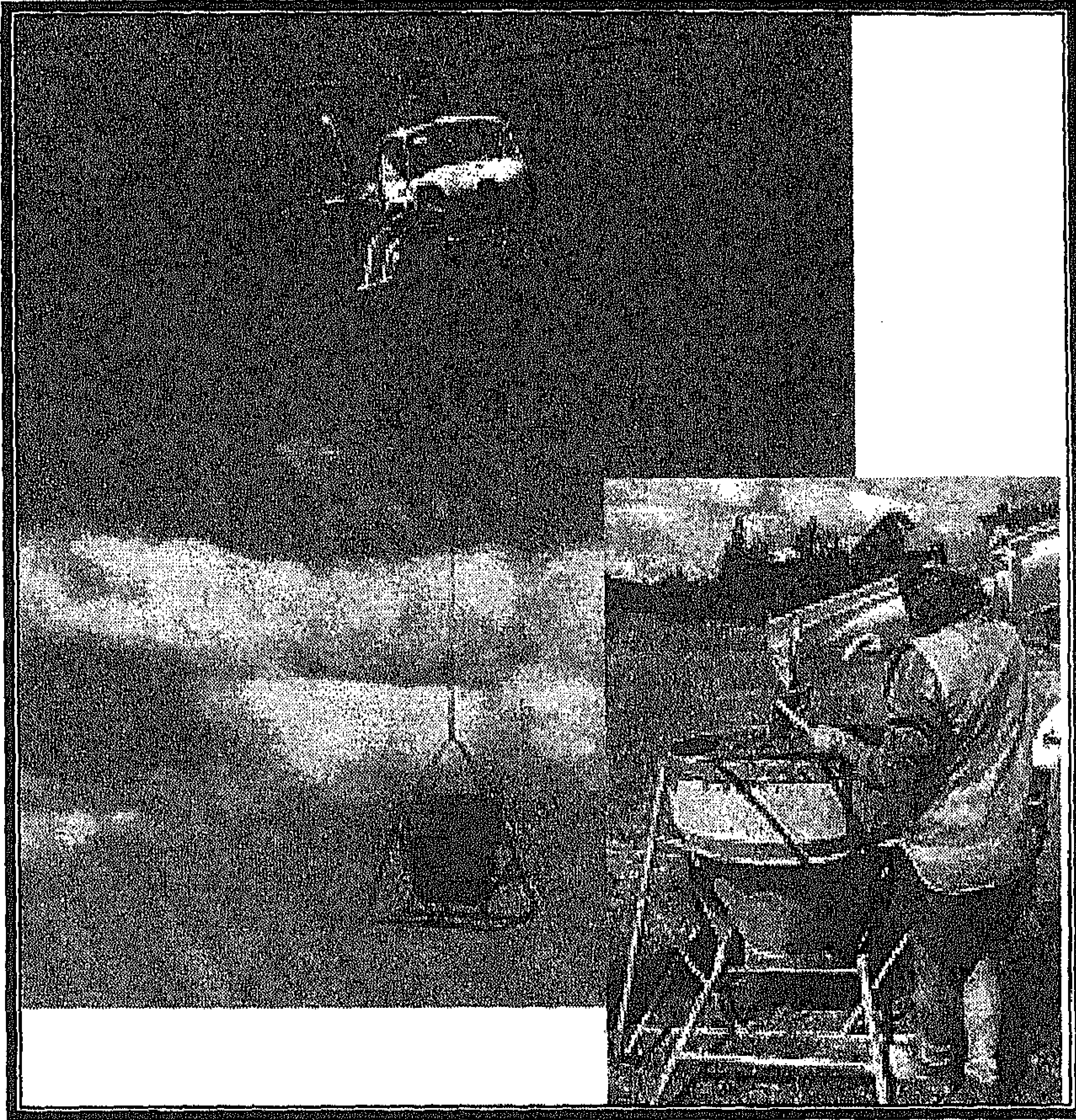
الشاحنات الضاخة للخرسانة



لشاحنات الضاخة للخرسانة

9. الطائرات العمودية:

وتستخدم هذه الطريقة في حالة الارتفاعات العالية وعندما تكون البنية التحتية للمنشآت غير جاهزة.



استخدام الطائرات العمودية في نقل الخرسانة

شروط نقل ومناولة الخرسانة:

كما أشرنا سابقاً يلزم صب الخرسانة بعد تمام خلطها مباشرة مع مراعاة تجنب انفصال مكوناتها على أن لا تزيد المدة مابين إضافة ماء الخلط وصب الخرسانة على 30 دقيقة في الجو العادي و20 دقيقة في الجو الحار وأن يتم دمكها قبل مضي 40 دقيقة في الجو العادي و30 دقيقة في الجو الحار أما إذا استلزم الأمر زيادة الفترات السابقة فإنه يلزم إضافة مؤجلات للشك عند الخلط بعد موافقة المهندس الاستشاري للمشروع وذلك حتى لا تجف الخرسانة أو يحدث لها شكا ابتدائيا وخاصة في الأماكن الحارة وحتى لا يحدث وصلات أو فواصل في الخرسانة المصبوبة. يجب الانتباه حتى لا يتم انفصال حبيبي لمكونات الخرسانة وهذه ظاهرة كثيرا ما تحدث حيث تستقر حبيبات الحصمة الخشنة في الأسفل وترتفع الحبيبات

الصغيرة والماء إلى أعلى فتصبح الخرسانة ذات نوعية رديئة. ويحدث ذلك من حدوث أي اهتزازات للخرسانة أثناء النقل. كما تجدر الإشارة أنه يجب التفكير ملياً في عمليات انضغاط الخرسانة، يحدث هذا الانضغاط وتجمع الحبيبات الثقيلة في قاع أداة النقل أثناء فترة النقل وفي حال وجود كميات كبيرة من الخرسانة فيها ويؤدي هذا إلى جعل الخرسانة جافة.

ولمنع هذه الظاهرة تغسل أو ترش أوعية النقل وتترك رطبة وتفضل أن تغسل وترش بروبة الإسمنت والماء، ويكون النقل على حسب درجة المشروع وحجمه.

صب الخرسانة:

تعتبر عملية صب ودمك الخرسانة من أهم العمليات الحقلية الهامة في صناعة الخرسانة والحصول على منتج جيد. لذلك يجب عمل الاحتياطات اللازمة خلال عملية صب الخرسانة وأهمها ما يلي:

1. يجب قبل صب خرسانة الأساسات يجب دمك سطح التربة عن طريق الهراسات او الهزازات مع الرش بالمياة وذلك لمنع امتصاص جزء من ماء الخرسانة بهذة التربة.
2. عند صب خرسانة حديثة على خرسانة قديمة يجب تنظيف السطح من جميع المواد المفككة.
3. يجب أن يكون حديد التسليح خالي من الزيوت والشحوم والصدأ والمواد الطينية العالقة وذلك بتنظيفه بفرشاة من السلك أو أي وسيلة أخرى.
4. يجب أن يتم صب الخرسانة في القوالب (الفرم والطوبار) باستمرار وبمعدلات تمنع حدوث انفصال حبيبي أو تعشيش أو مستويات ضعيفة وذلك قبل الشك الابتدائي للاسمنت.
5. يجب نقل الخرسانة وصبها في مكانها النهائي بالفرم والطوبار وذلك على طبقات يتم دمكها قبل صبة الطبقة التالية لها.
6. عند صب الخرسانة في قوالب عميقة كما هو الحال في الأعمدة يجب ألا يتم رمى الخرسانة من ارتفاع كبير (حوالي 1.5 متر أقصى ارتفاع) وذلك تجنبا

لعدم انفصال حبيبي وتعشيش للخرسانة أو تهشيم الطوبار والفرم الخرسانية نتيجة للضغوط الكبيرة.

7. عند صب الخرسانة تحت الماء يجب عمل الاحتياطات اللازمة واستخدام الطرق الكفيلة بعدم غسل الاسمنت من الخرسانة.

أعمال الشدات والطوبار:

1. يجب أن تشكل الشدات طبقا لشكل وسطح القطاع والعنصر الإنشائي المراد صبة على أن تكون هذه الشدات محكمة وغير منفذة لروية الاسمنت من خلالها بالإضافة إلى قوتها وجسائتها لمقاومة الأحمال الناتجة عن عملية الصب بدون حدوث تشوه أو إزاحة لها.
2. هذا ويجب رش الفرم بالمياه أو دهانها بزيت خفيف قبل صب الخرسانة وذلك حتى لا تمتص كمية من المياه الموجودة في الخلطة، كما يجب تنظيف هذه الفرم في حالة إعادة استخدامها مرة ثانية.

عمليات الصب:

تعتبر عمليات الصب من أهم عمليات الإنشائية، وقبل البدء في عمليات الصب فإنه لا بد تجهيز سطح القوالب وحديد التسليح، كما أنه من اللازم رش القوالب بالماء حتى لا يمتص القوالب الخشبية ماء الخلطة الخرسانية خاصة في الأجواء الحارة. وهناك طرق مختلفة لعمليات الصب تعتمد اختيار هذه الطرق حسب نوع المنشأ المراد تنفيذه وارتفاعه وأبعاده وأهمية المنشأ أيضا. وأهم هذه الطرق:

1. الطريقة التقليدية (في الأماكن المفتوحة):

يبدأ عمال رمي الخرسانة المسلحة عملها بأن يلبسوا أحذيتهم المطاط ذات الرقبة العالية، ويبدأ حامل الكريك العمل بأن يمسك الكوريك ويساعده 3 أو 4 عمال في مواجهته حيث يشدون الحبل المربوط في نهاية الكوريك في اتجاه حركته ويبدأ بغرز الكوريك في كوم الركام والرمل ويحركه من أسفل إلى أعلى بينما يقوم أحد العمال بفتح أكياس الأسمنت لنثره على الكوم وتسمى عملية الخلط

بهذا الوضع وبدون ماء تخمير على الناشف ثم يتم تنسيم الخلطة برشاش خفيف من الماء أثناء التقليب لمنع الأسمنت من التطاير ويقف العامل الذي يرش الماء من جهة هبوب الهواء، ثم يلي ذلك خلطة ثالثة ورابعة مع إعطاء كمية الماء اللازمة أثناء التخمير والتقليب واستعمال البستلة أفضل كثيراً من استعمال الخرطوم.

تبدأ عملية الرمي بملء قصعة المناولة للعمال بالخرسانة بأن يمر عليه أنفار العمل ويخفض كل منهم قصعته بيده ويدفعها بعد تعبئتها إما على كتفه ويتوجه بعد ذلك إلى مكان صب الخرسانة حيث يقف عامل الطوبار الذي يوجه العمال إلى مكان الرمي بالضبط ويشدد عليه في خفض يده أثناء الرمي حتى لا تتناثر الخرسانة بعيداً وحتى لا تهتز الشدة الخشبية تحت ثقل هذه الكميات ويجب وضع ألواح بونتي على السقف من مكان صعود العمال حتى مكان رمي الخرسانة لتغطية الحديد وحمايته من الحركة تحت عنف جري العمال ولحماية أرجلهم من الحديد ويتغير وضع ألواح البونتي من مكان لآخر حسب تغير مكان الرمي.

ثم بعد تبدأ عملية الفرش والتشكيل بمجرد وصول الخرسانة إلى وجه الشدة الخشبية فيتلقاها الفني بالذراع الخشبي أو بالقدة ويبدأ في توزيعها على مسطح السقف وتقضي أصول العمل بملء سواقط الكمرات أولاً بدائر كل غرفة ويهز حديد الكمر جيداً بجذبه وتحريكه من الحديد المشعلق أو من الأسياخ حمالات الكانات ثم غزغزة الخرسانة بالعتلة الحديدية لتفويت الخرسانة من تحت ومن خلال التسليح ليغلف الحديد من جميع الجهات وإذا كانت الكمرات عميقة أو ضخمة ويخشى تعشيش الخرسانة فتصب فيها حتى نصف العمق فقط في اتجاه واحد وبعد صب الخرسانة في باقي كمرات الغرفة يعاد ملء نصفها الباقي حيث يكون النصف الأسفل قد تماسك نوعاً ما ولتلافي احتمال أن تضرب الكمرة بجوانبها أو تنفتح وما في ذلك من خطورة عدم التمكن من تدارك الفتح في حينه لقوة ضغط الخرسانة على الجوانب، وفي حالة الحاجة لتوقف العمل قبل إتمام صب إحدى الكمرات يعمل طرف رباط في خمس بحر الكمرة.

رمي خرسانة الكمرات والأسقف:

يشترط في الخرسانة التي تصب في الكمرات أن تكون طازجة وأن يكون الركام الداخل في تكوينها متدرج وغير غليظ حتى يمكن تلافي التعشيش وخصوصاً في منطقة التكسيح عند الارتكاز حيث يزيد عدد الكانات وتقل المسافة بينها، ولتلافي حدوث أي ضرب بالشدة يجب أن يكون رمي الخرسانة على دفعات وحتى يمكن غزغزة الخرسانة مع فك الجوانب بعد يومين من صب الخرسانة ويترك قاع الكمرة وباقي الشدة لمدة خمسة عشر يوماً في الأعمال العادية.

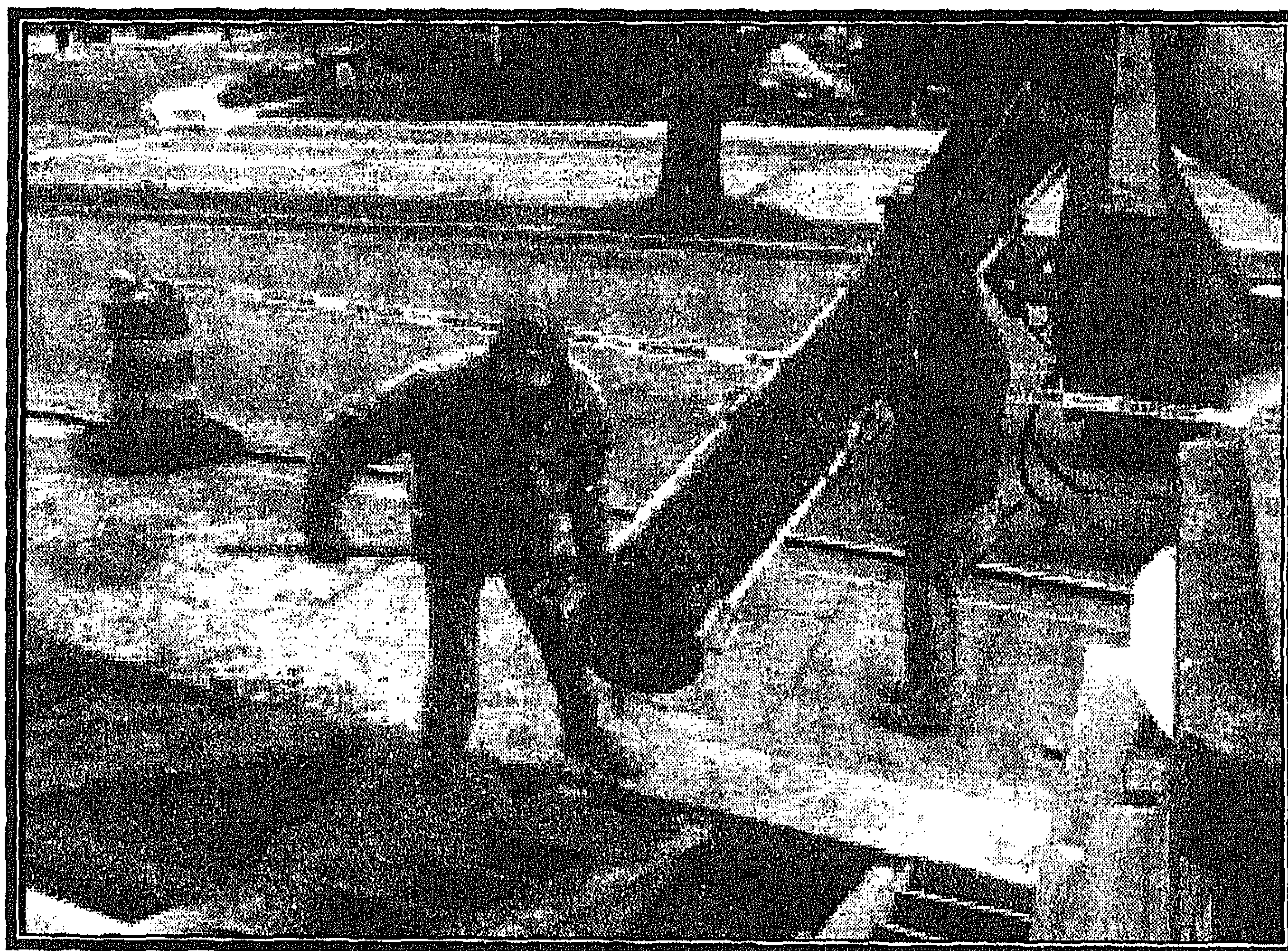
وبعد ملء سواقط الكمرات يبدأ فرش رقة السقف أو سمك البلاطة حتى الميزانية المطلوبة وذلك على رقتين أو ثلاثة حتى يتجانس السقف كله لكل غرفة ويصبح تام التماسك والمساحة المعقولة ليملأ الفني سواقطها ويفرشها في وقت واحد مع خدمتها جيداً هي 30 متر مسطح مع سواقط عادية حولها أي 40 سم وذلك مع دكه باستمرار بالمندالة الخشبية ويتحكم الفني في ضبط سمك السقف بواسطة سيخ من حديد التسليح سمك 4\3 بوصة.

صب الأعمدة المسلحة:

تصب خرسانة العمود المسلح بإدلاء الخرسانة إلى أدنى عمق ممكن مع الغزغزة المستمرة كل 25سم ارتفاع وهز حديد التسليح لتغلفه الخرسانة والدق على شدة العمود من الخارج ليلف الأسمنت حول كل جسم العمود وذلك لتلافي التعشيش بعد فك الشدة علماً بأن الدق أو الرمي يجب فيه مراعاة عدم العنف حتى لا يهتز العمود وينتج منه مشاكل انفصاله عن السقف أو خروج زيد الأسمنت من أسفله أو من بين الألواح أو حدوث انفصال بين الأسمنت في أسفل العمود الذي بدأ في الشك وبين أسياخ حديد التسليح ويجب تلافي تجميع حديد التسليح أعلا العمود حتى لا يفقد جهده عن صب بقيته مع السقف التالي ويحدث ذلك مع الفني ليسهل لنفسه إيداع القصعة بين الأسياخ فيسهل صب الخرسانة بين الحديد في جوف العمود.



عملية الرمي التقليدية



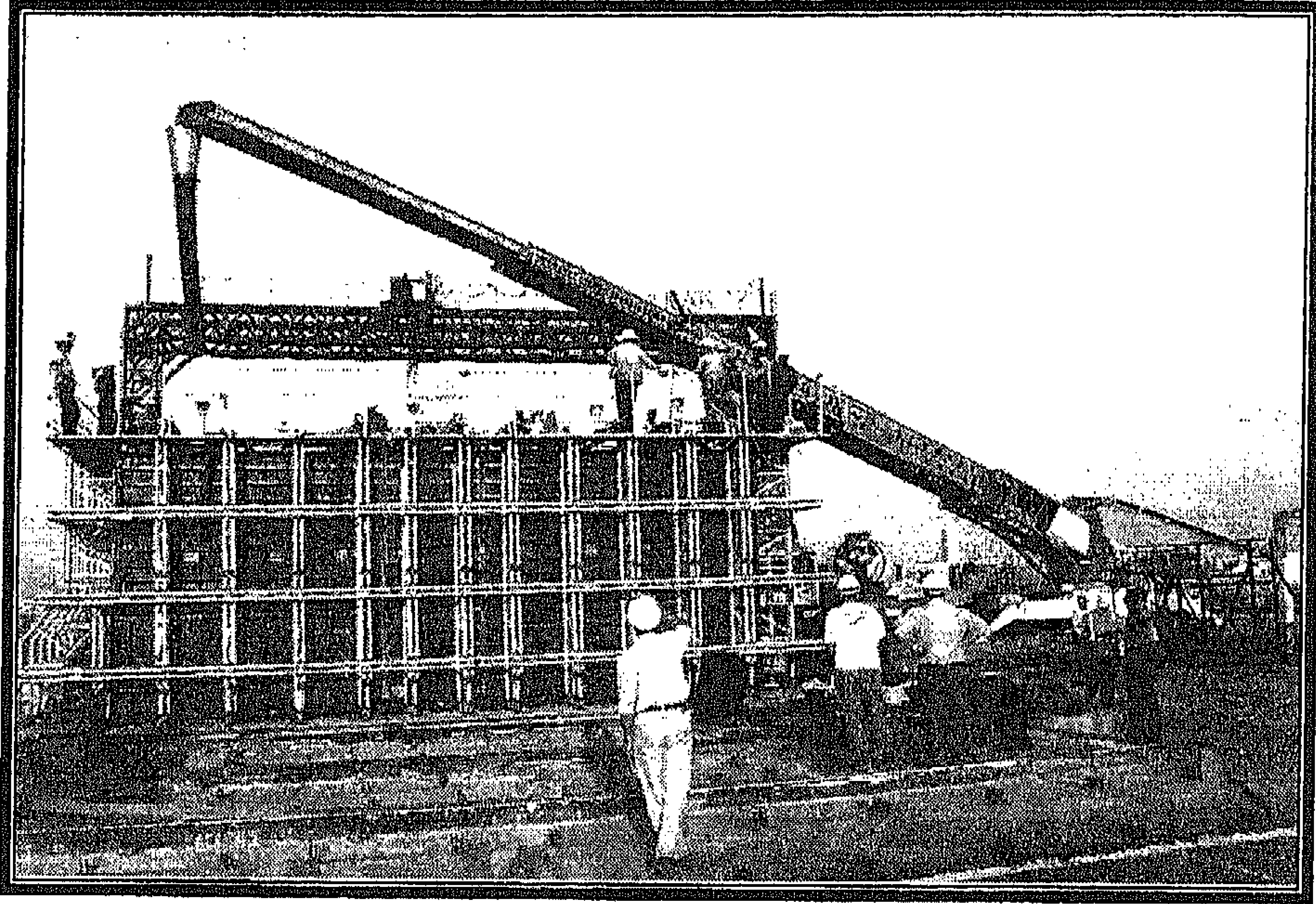
عمليات رمي الخرسانة

2. طريقة الضخ (المضخات):

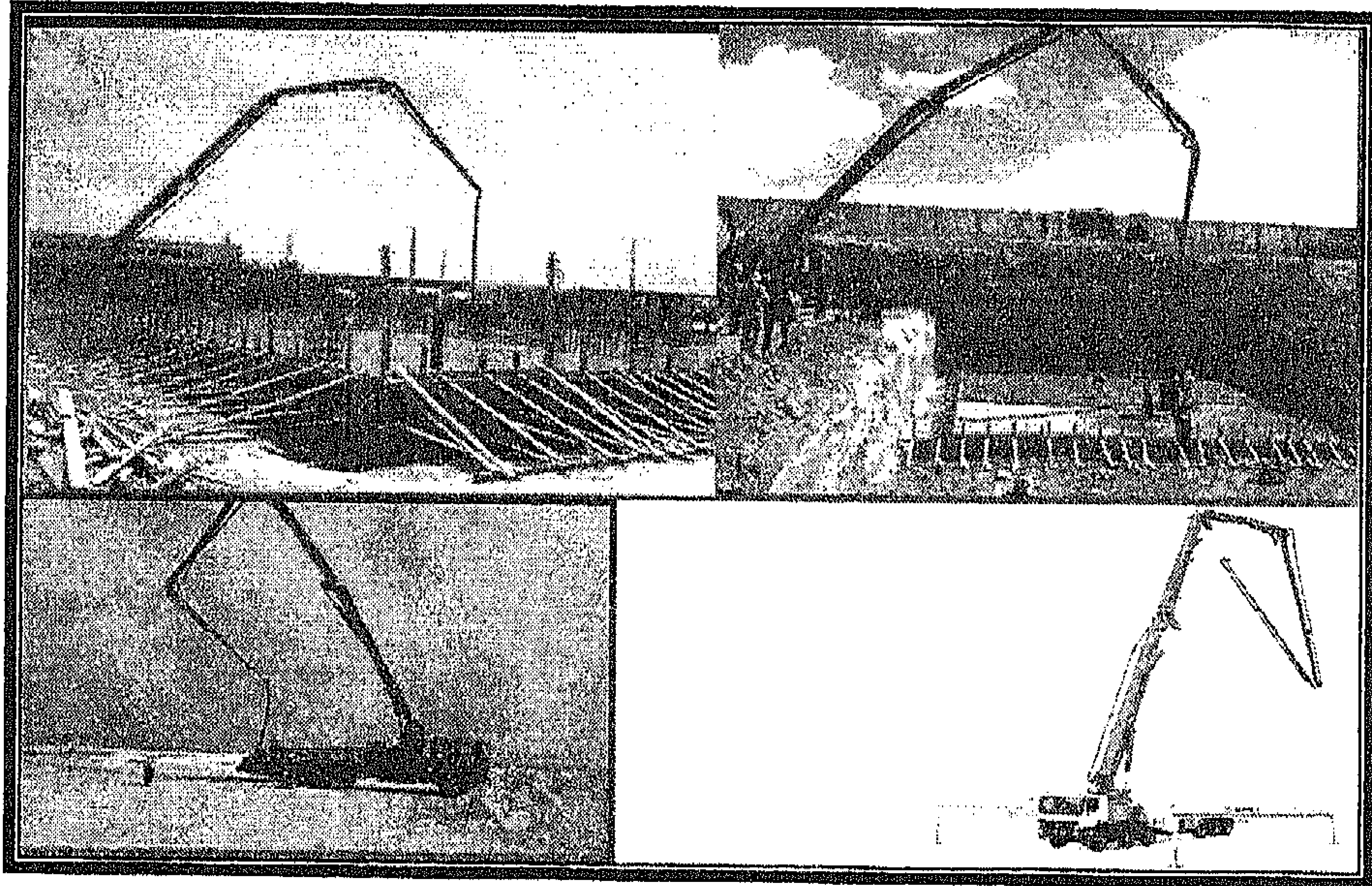
استخدام PUMPS أو مضخات الخرسانة لتسهيل عمليه الصب والوصول إلى جميع أماكن الصب في الاتجاهين الراسي والأفقي. فمثلا عند الشروع بعمليه صب لـ RAFT FOUNDATION لها مساحة كبيرة جدا نلجأ لاستخدام 3 مضخات أو أكثر لإتمام عمليه الصب كل من هذه المضخات في جهة مختلفة لتغطية المساحة المراد صبها بهذه الطريقة يمكننا تغطيه النقاط الأفقية.

لكن ان كان ارتفاع المبنى كبير جدا 12 أو 15 طابق وارتفاع المضخة في وضع راسي يصل إلى 40 متر تقريبا "ارتفاع راسي لا يمكن الاستفادة منها في الصب للبلاطات أو الأعمدة أو الكمرات" نلجأ هنا لاستخدام طريقة الخط الثابت وهو عبارة عن مجموعه من الأنابيب توصل مع بعضها من الدور الأرضي للمشروع إلى المنسوب المراد صبه "تغطيه رأسية" وتوصل أيضا بأنابيب أخرى للتغطية الأفقية ويتم تغير ارتفاع هذه الأنابيب مع ارتفاع الأدوار. ويوجد طريقة أخرى هي طريقة الصب باستخدام PLACING BOOM وهي من الطرق المتقدمة وفكرتها وضع الجزء المتحرك من المضخة على TOWER CRANE ويتم التحكم بها بكل يسر وسهولة حتى أن قائد المضخة لهذا النوع بإمكانه مشاهده الجزء المراد صبه مما يقلل حدوث الأخطاء.

إن قمنا بعمل مقارنة بسيطة بين الطريقتين السابقتين نجد أن طريقة الصب بالخط الثابت طريقة متعبة جدا وتحتاج إلى عمالة إضافية لنقل الأنابيب وربطها وتنظيفها عند القيام بتغيير مكان الصب أما طريقة الصب بـ PLACING BOOM طريقة جيدة جدا ومريحة لكن تكمن المشكلة في قله استخدامها ارتفاع سعر المتر المكعب من الخرسانة بنسبة 40 ٪ تقريبا.



الصب بالضخ



زمن إزالة الفرم (الطوبار)

إن زمـن إزالـة الفـرم يـتم بعـد فـترة زمنيـة محـددة عقـب صـب الخـرسـانة، والأحمال الواقعة على العنصر الإنشائي المصبوب.

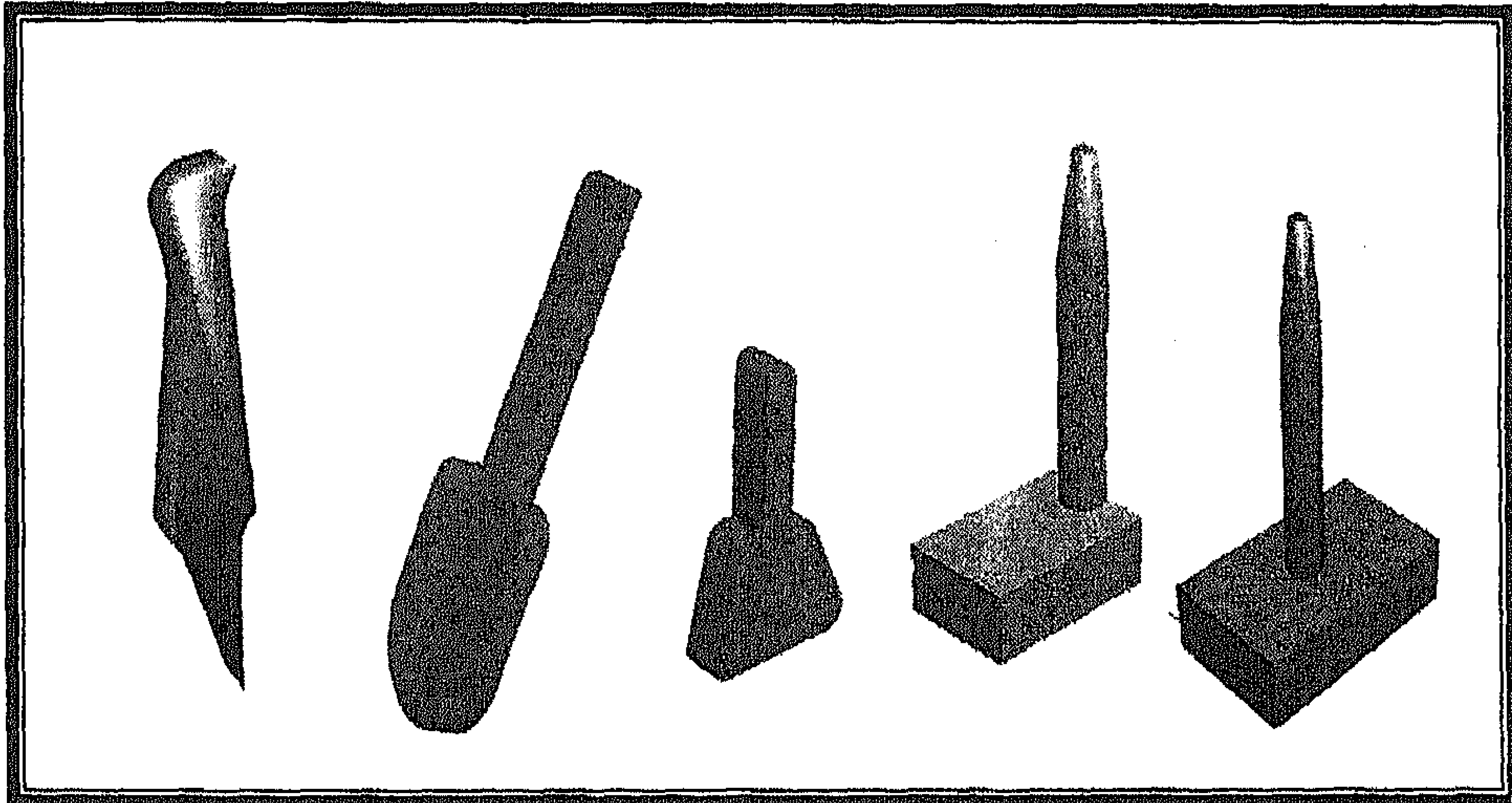
دمك الخرسانة:

- بعد وضع الخرسانة في مكانها المطلوب بداخل الفورم، يتطلب الأمر ضرورة دمك الخرسانة جيدا من قبل فنيين مهرة لهم خبرة ودراية في مثل هذه الأعمال وذلك مباشرة عقب صبها، والغرض الرئيسي من عملية دمك الخرسانة هو طرد الهواء المحبوس وتقليل الفراغات الهوائية إلى اقل حد ممكن بغرض الحصول على خرسانة ذات أقصى كثافة ممكنة بالإضافة إلى زيادة قوة التماسك بين مكونات الخرسانة من جهة وبين الخرسانة وحديد التسليح من جهة أخرى.

وهناك طرق مختلفة للدمك أهمها:

- الطريقة اليدوية:

وهي تتم باستخدام القضبان الحديدية أو الخشبية وذلك في الأحوال العادية وفي اللحظات المبللة القوام وذلك لكل من الخرسانة المصبوبة في الموقع أو السابقة الصب.



أدوات الدمك اليدوية

- الطريقة الميكانيكية:

وهي تتم باستخدام الهزازات وغالبا ما تستخدم في الإعمال الإنشائية الهامة والكبيرة والتي يراد فيها الحصول على خرسانة جيدة وذات مقاومة عالية وذلك من الخرسانة المصبوبة في الموقع أو السابقة الصب وخاصة الخلطات الجافة القوام حيث يمكن الحصول على مميزات عديدة بغير زيادة المقاومة وهي زيادة مقاومتها مع الزمن ونفاذيتها مع تقليل التغيرات الحجمية للخرسانة الناتجة، هذا ومن مضار استعمال الهزازات الميكانيكية هي الزيادة في تكلفة المتر المكعب حيث يتطلب الأمر شدات ذات جساءة عالية بالمقارنة بالدمك اليدوي.

- الهزازات الداخلية:

هي أفضل الأنواع المستخدمة حيث أنها تؤثر مباشرة على الخرسانة كما يسهل تحريكها داخل الخرسانة فتوزع الحركة الاهتزازية خلال الكتلة الخرسانية جميعها، تستخدم هذه الهزازات في القطاعات التي سمكها أكثر من (15سم) كما وتستعمل على نطاق واسع في المشاريع المدنية والإنشائية.

- الهزازات الخارجية:

تثبت هذه الهزازات على سطوح قوالب الصب بواسطة ماسكة خاصة، وتحتاج هذه الهزازات إلى طاقة أعلى من الهزازات الداخلية لإعطاء نفس درجة الدمك حيث توجه الذبذبات إلى القالب إضافة للخرسانة

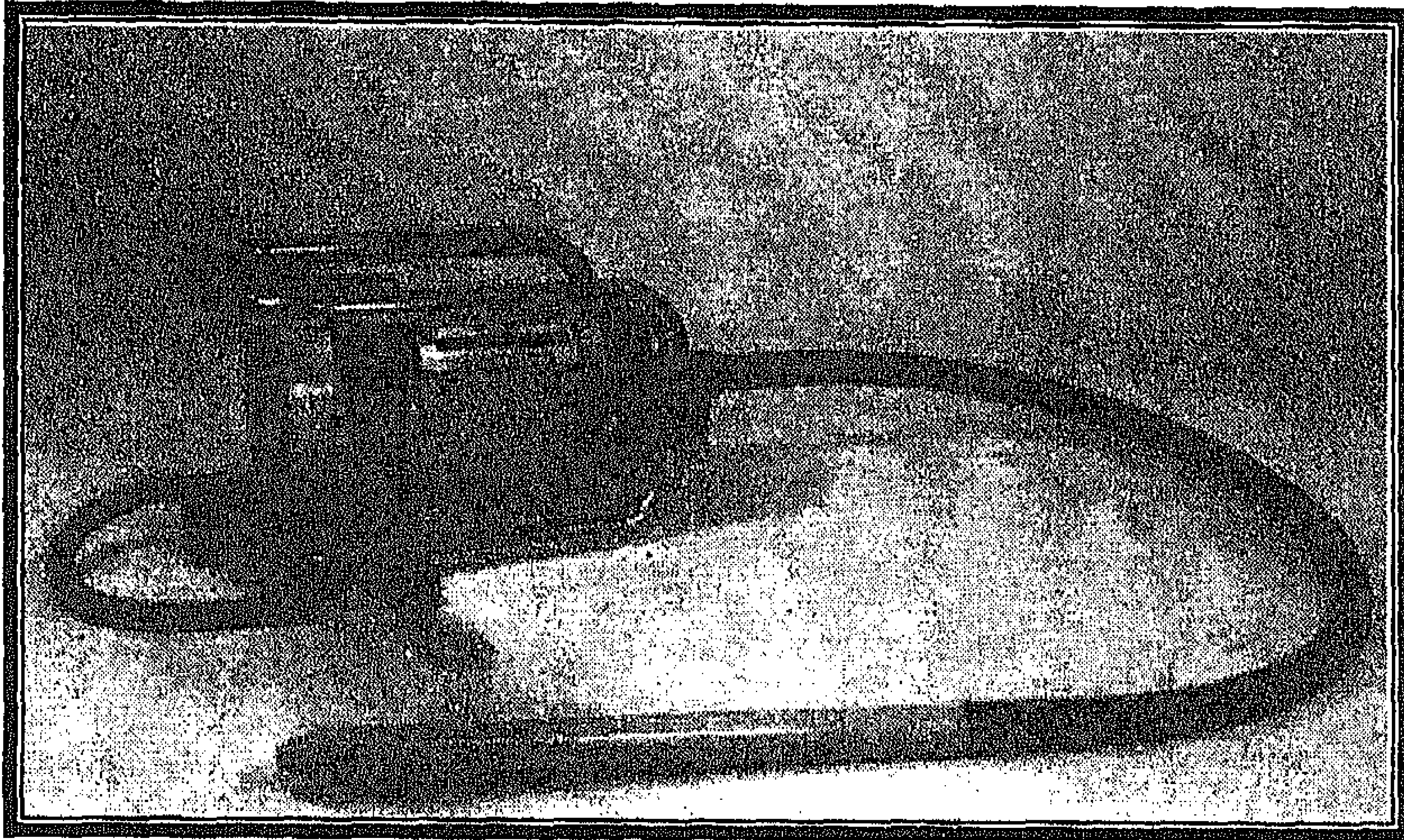
- الهزازات المنضدية:

عند استعمال هذه الهزازت توضع القوالب على سطحها، بحيث يتم دمك الخرسانة والقالب معا وبذلك يفقد جزء من الشغل المبذول للحصول على دمك كلي للخرسانة في رج القالب.

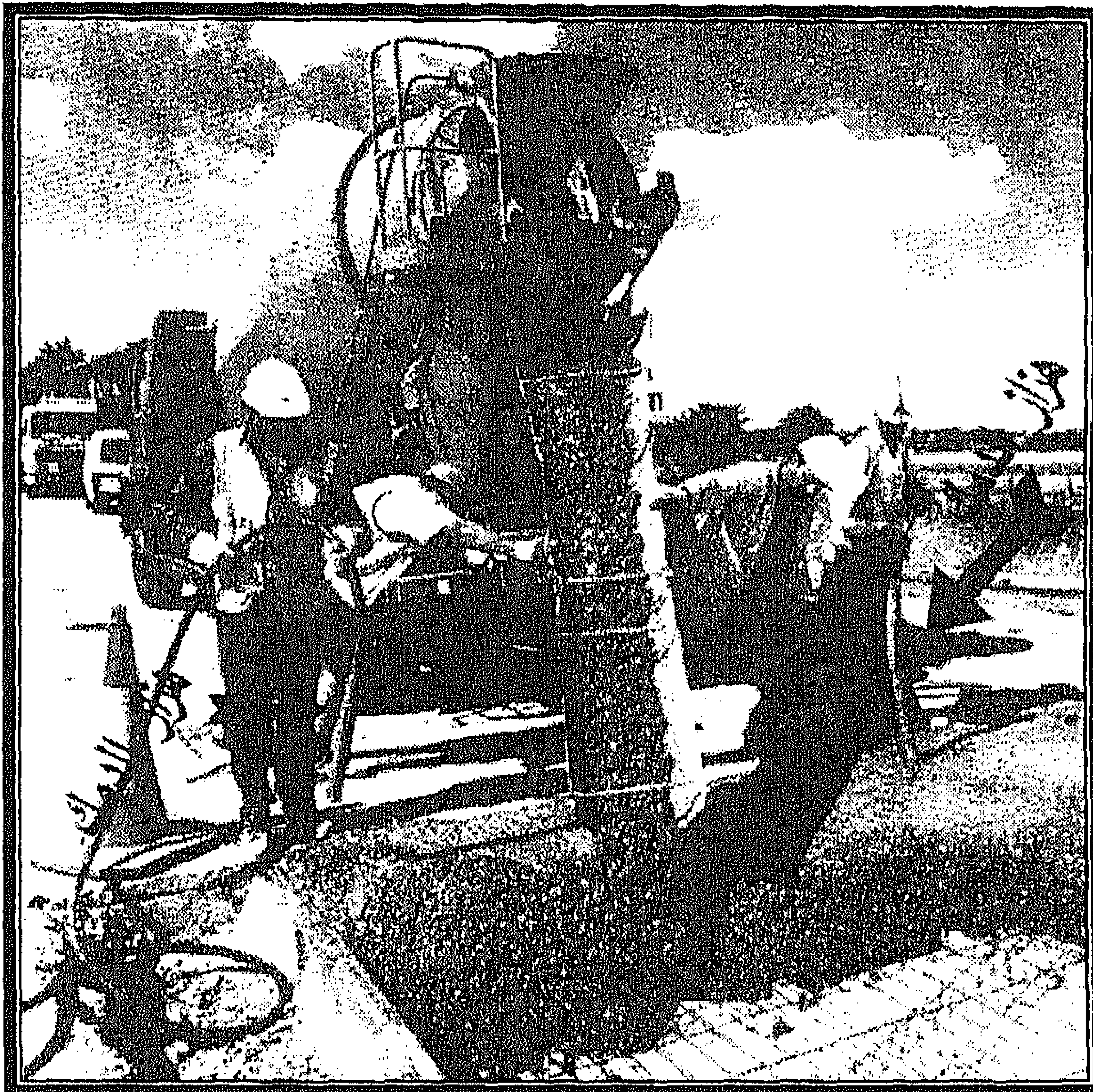
الهزازت السطحية:

تستخدم هذه الهزازات في الإعمال الإنشائية الكتلية كالخزانات والسدود وتتركب من لوح أو قرص كبير يركب عليها الجهاز الهزاز وبعد فرش الخرسانة في

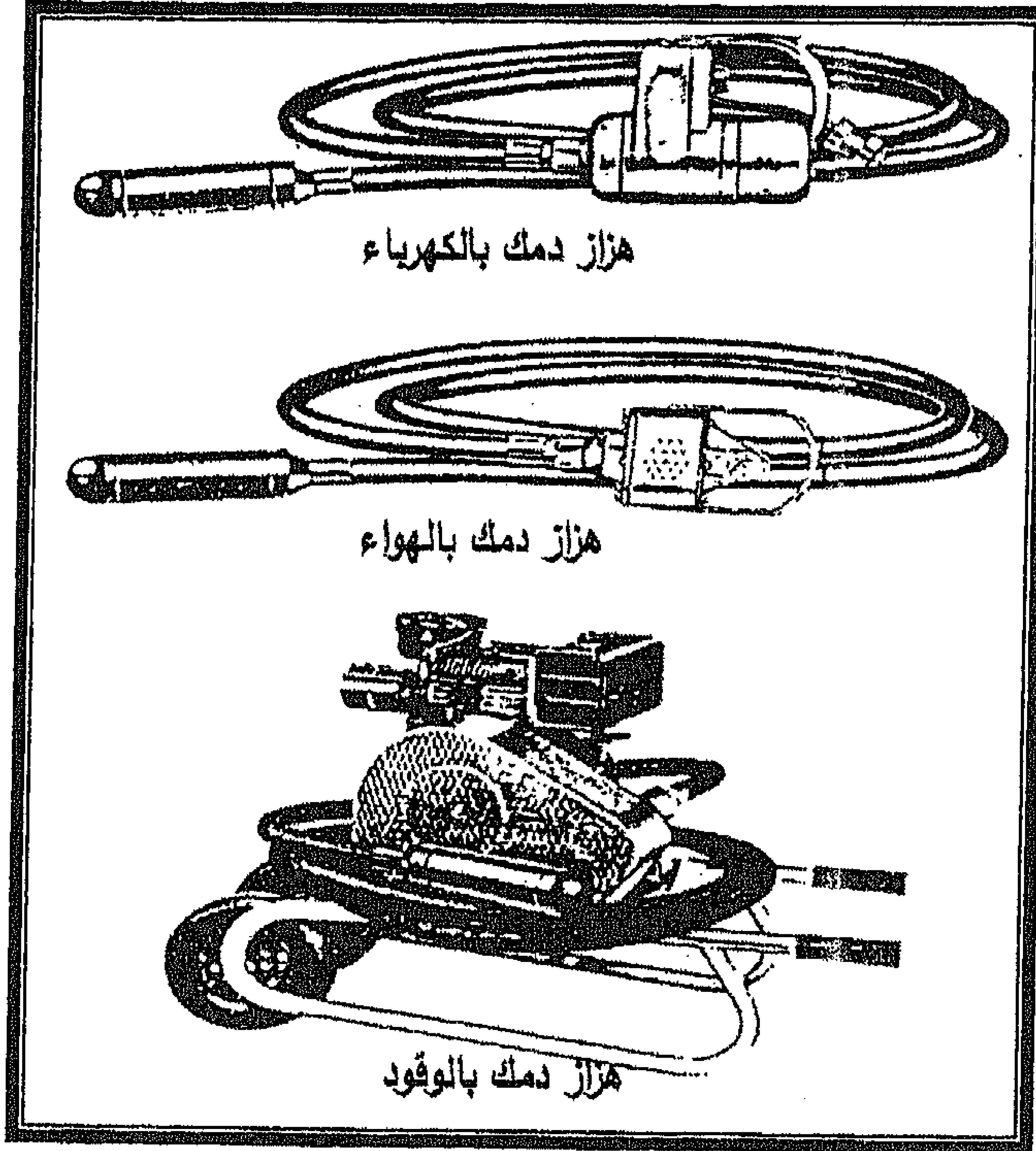
موقع العمل ودمكها بالهزازات يمر على السطح الخارجي بالهزازات السطحية حتى تدفن جميع حبيبات الركام الكبير للحصول على السطح النهائي المرغوب به.

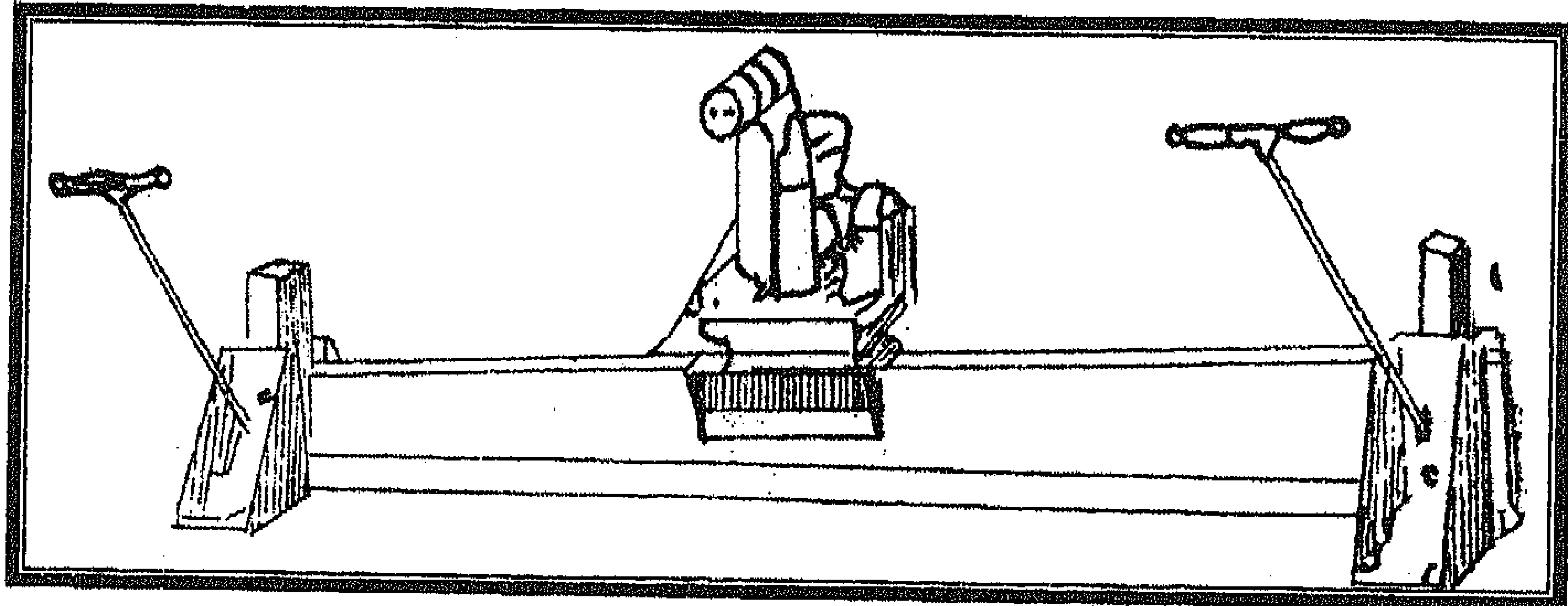


هزاز دمك ميكانيكي



توضيح لعملية دمك الخرسانة





هزار سطحي لدمك الخرسانة

مرحلة تصلب الخرسانة:

عند اتحاد الماء مع الاسمنت فانه سوف تتولد كمية من الحرارة نتيجة لهذا التفاعل وتسمى حرارة الاماهة وان هذه الحرارة تظل كامنة في الخرسانة إذا لم يحدث لها تبديد أو انقشاع وبالتالي ارتفاع في درجة حرارة الكتلة الخرسانية المصبوبة.

إن معدل وكمية ارتفاع درجة حرارة الخرسانة نتيجة للتفاعل الكيميائي للاسمنت يعتمد على عاملين أساسين هما:

1. معدل توليد الحرارة.
2. معدل تبديد وانقشاع هذه الحرارة.

هذا وبينت التجارب إن أقصى ارتفاع في درجة الحرارة نتيجة للتفاعل الكيميائي كانت بعد ثلاثة أيام من الصب وذلك في الخرسانة الكتلية. إن تأثير ارتفاع درجة حرارة أي كتلة خرسانية نتيجة للتفاعل الكيميائي يمكن منعه أو على الأقل التقليل من تأثيره وذلك بعمل الاحتياطات التالية:

أ. الاختيار المناسب لنوع من الاسمنت.

ب. التصميم المناسب للخلطة الخرسانية وذلك بالحد من محتوى الاسمنت في الخلطة إلى الحد الأدنى الذي يعطى المقاومة والخواص المطلوبة.

ج. التحكم في معدل صب الخرسانة وذلك من حيث سمك الطبقات التي يتم دمكها حيث أنه كلما قل السمك كلما زاد معدل تبديد وانقشاع هذه الحرارة المتولدة.

د. إن حرارة الخرسانة الطازجة بمجرد صبها تعتمد على درجة حرارة ونسبة مكوناتها في الخلطة الخرسانية.

العوامل الواجب مراعاتها أثناء عملية الصب:

1. في حالة صب الحوائط والأعمدة التي يتجاوز ارتفاعها 2.5 متر فلا يجوز صبها بكامل الارتفاع ويجب عمل شباك في أحد جوانب القالب على ارتفاعات لا تزيد عن 2.5 متر ويتم الصب من هذه الفتحات حيث يتم تقفيلها أولاً بأول مع مراعاة دمك الخرسانة ميكانيكيا.
2. في حالة صب بلاطة أو لبشة خرسانية بارتفاع كبير يراعى أن تصب على طبقات سمكها يتراوح من 40 إلى 50 سم.
3. يجب مراعاة تحديد أماكن إيقاف الصب وسطح نهاية الصب (بلاطات وكمرات وأعمدة) مسبقاً قبل بدء الصب. وينبغي أن يكون إيقاف الصب في

الأماكن التي عندها عزم الانحناء يساوى صفر أو بأقل قيمة ممكنة. ويراعى ترك سطح الخرسانة عند نهاية الصب مائلا خشنا في البلاطات والكمرات وأفقيا خشنا في الأعمدة. ولا يفضل وقف الصب عند المقاطع التي عندها قوى قص عالية.

4. يجب في كل منطقة من مناطق الصب البداية بصب الكمرات الرئيسية ثم الكمرات الثانوية ثم الأسقف.

5. إذا زادت درجة الحرارة عن 36 درجة مئوية في الظل يجب مراعاة الاحتياطات التالية:

أ. تظليل تشوينات الركام الكبير والصغير ويمكن تبريد الركام الكبير باستخدام رشاشات مياه.

ب. إذا كان الأسمنت سائباً في صوامع فإنه يجب دهانها من الخارج بمادة عاكسة لأشعة الشمس أما إذا كان في أكياس فترص تحت سقيفة مهواة.

ج. يبرد الماء قبل إست عماله في خلط الخرسانة باستخدام الثلج أو بأي وسيلة أخرى.

د. دهان الخلاطات من الخارج بمواد عاكسة لأشعة الشمس أو تغطية الحلة بطبقة من الخيش مع رشها بالماء.

ه. رش القوالب بالمياه قبل الصب مباشرة.

الصب على خرسانة قديمة:

يجب أن يترك سطح الخرسانة القديمة خشن وغير مستوى وقبل الصب عليه ينظف من الأتربة ويزال الركام غير المتماسك كما ينظف حديد التسليح بفرشة سلك ثم يُندى سطح الخرسانة ويُصب عليه روبة الأسمنت ويُفضل أن يُرش أو يُدهن سطح الخرسانة القديمة بمادة راتنجية تعمل على لحام الخرسانة القديمة مع الخرسانة الحديثة.

صب الخرسانة الكتلية:

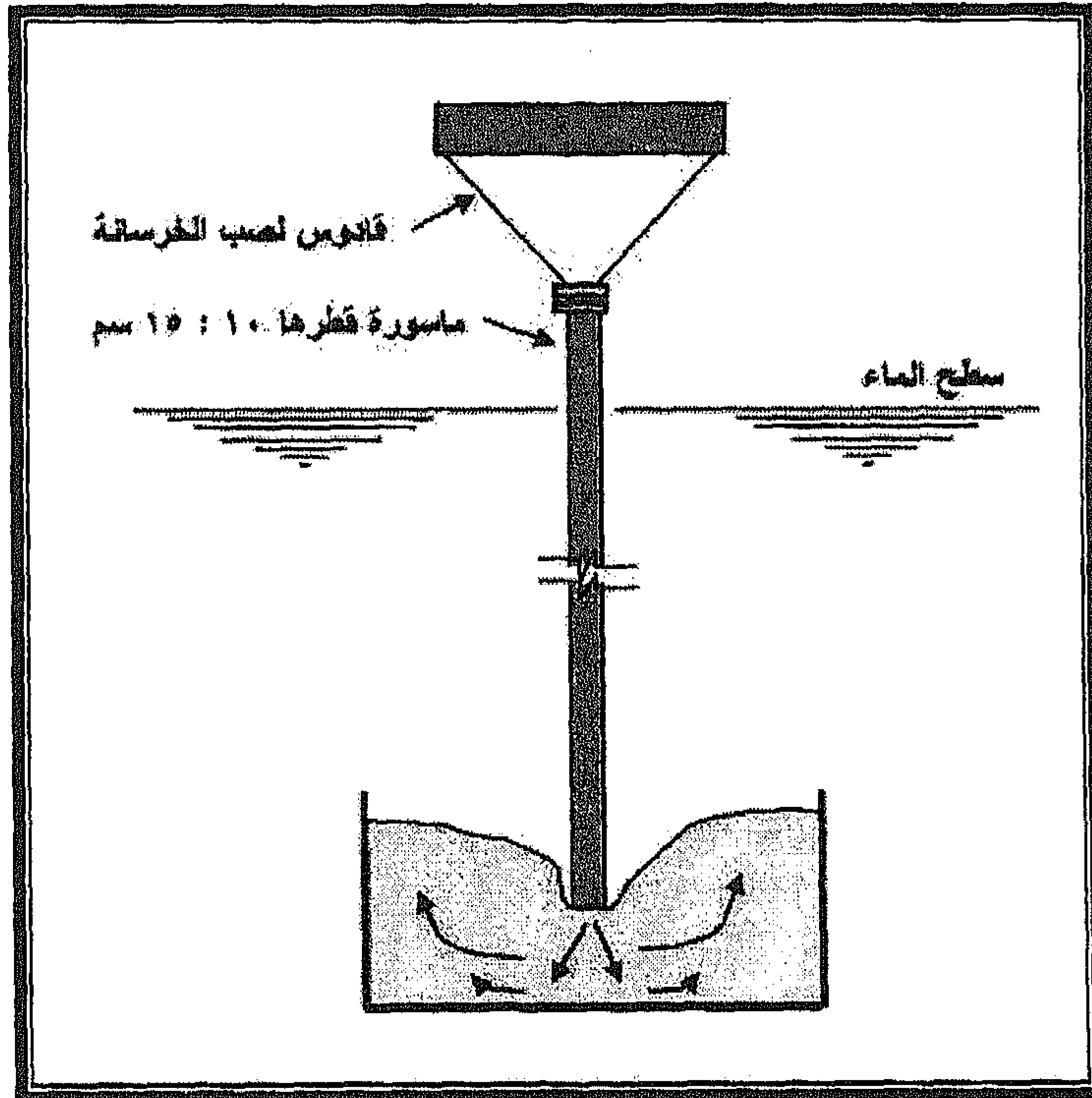
يجب الصب على طبقات قليلة الارتفاع بحد أقصى واحد متر مع استخدام أسمنت منخفض الحرارة وكذلك يمكن وضع مواسير داخل الخرسانة تمر خلالها دورات من الماء البارد لخفض درجة الحرارة.

صب الخرسانة تحت الماء:

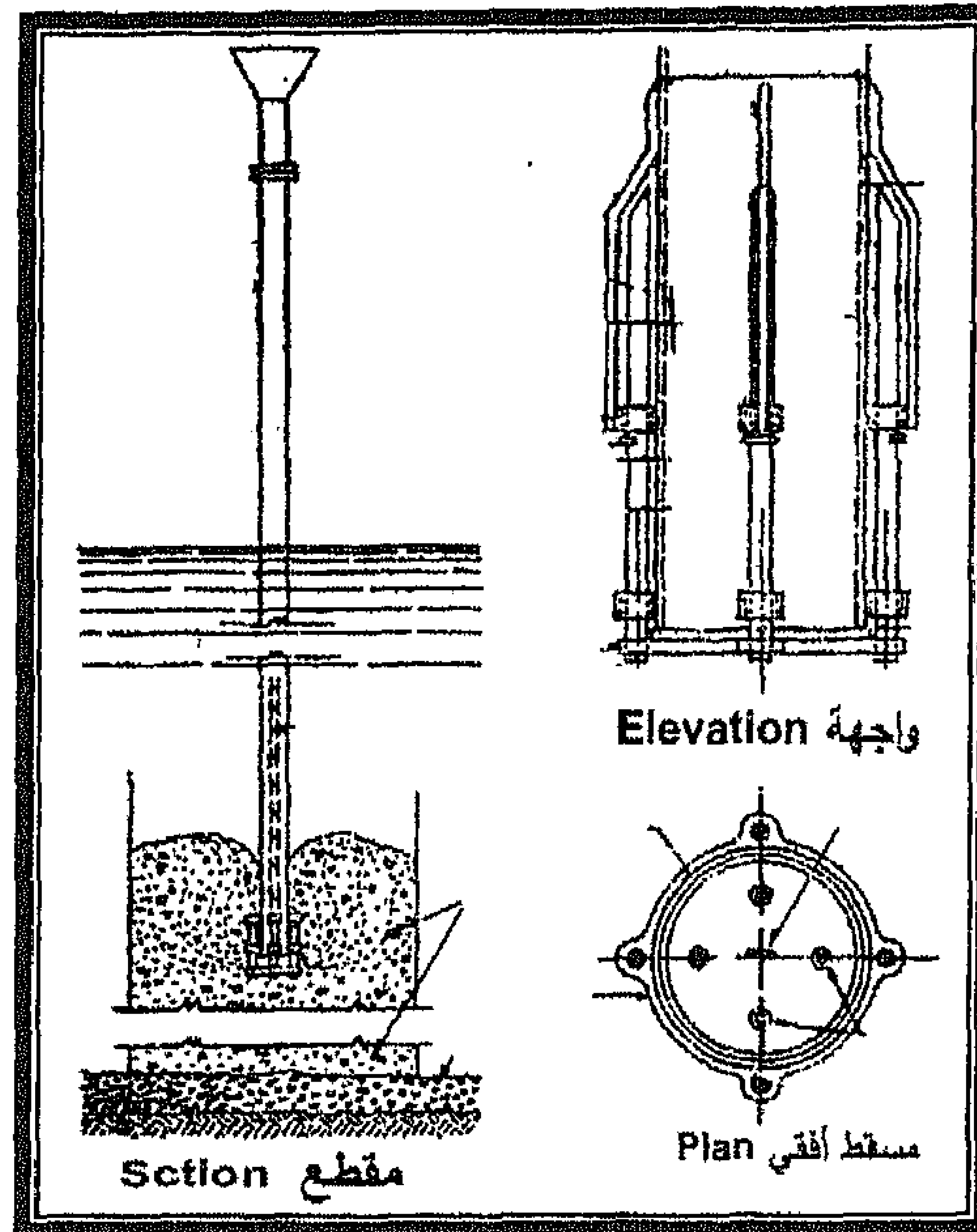
يوجد طرق عديدة لصب الخرسانة تحت الماء منها:

1. طريقه القادوس (الترميو) Tremie:

وفيها تُصب الخرسانة من خلال قادوس أو قمع متصل بماسورة قطرها من 10 إلى 15 سم تصل إلى القاع المطلوب صب الخرسانة عليه بحيث يراعى أن حافة الماسورة السفلية تكون غاطسة في الخلطة الخرسانية على أن تُرفع الماسورة أثناء الصب بمعدل لا يسمح بخروج الخلطة من الماسورة حتى لا تتسرب المياه بداخلها.



طريقة القادوس

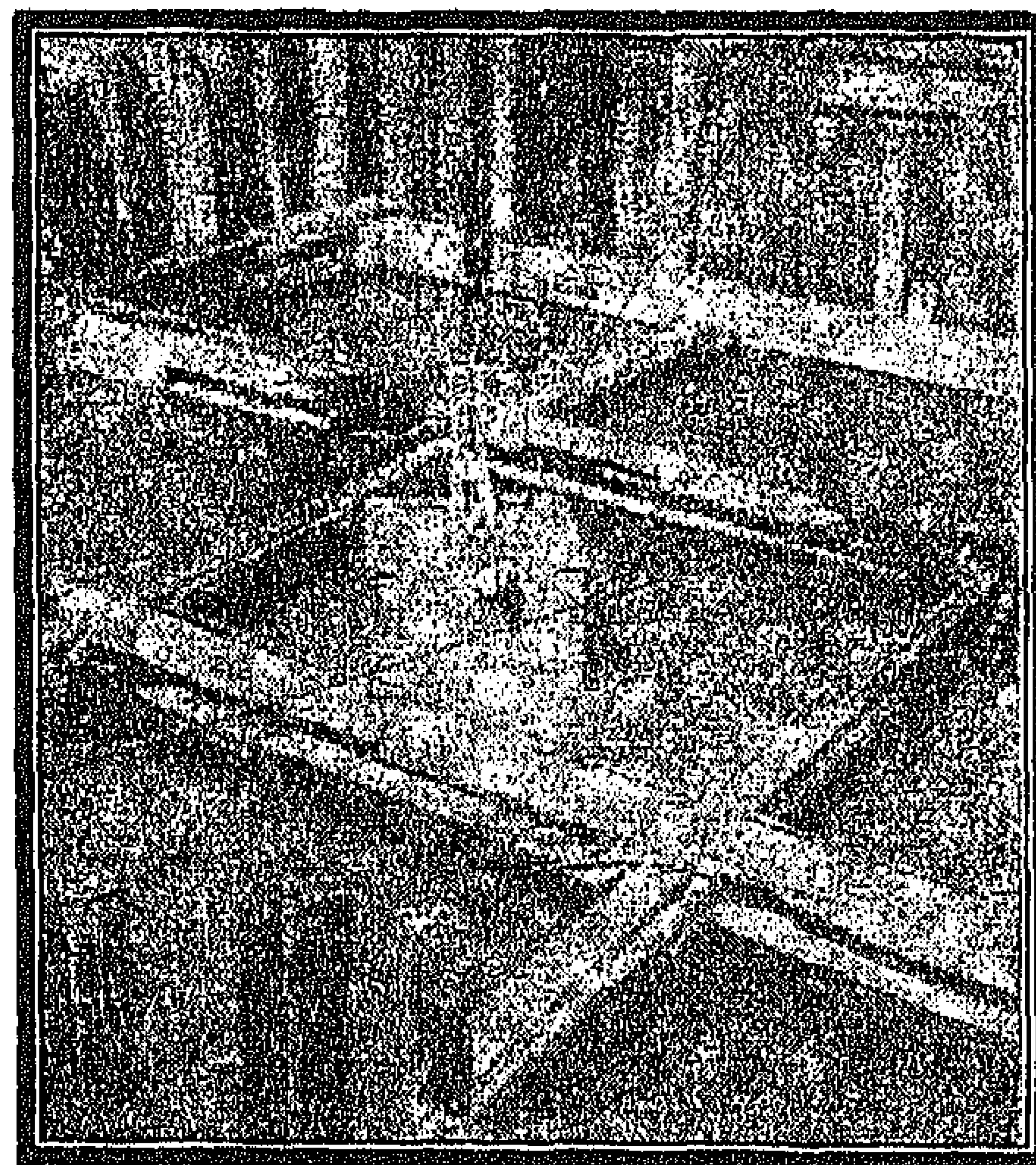


طريقة القادوس

2. طريقه ضخ الخرسانة Concrete pump:

وهي تطوير لطريقة القادوس حيث تصب الخرسانة بالضخ عن طريق مواسير ممدودة إلى قاع مكان الصب.

3. طريقه الدلوBucket



طريقة الدلو

وهو عبارة عن وعاء على شكل متوازي مستطيلات أو أسطوانة مفتوحة من أعلى ومجهزة من أسفل ببوابة قابلة للفتح والغلق. يملأ الدلو بالخرسانة ويغطى سطحه بطبقة من القماش المشمع ثم ينزل برفق في الماء حتى مكان الصب ويفرغ ثم يرفع.

4. طريقه الركام المحقون Grouted aggregate:

تعبأ الشدات بالركام ثم يحقن بالأسمنت اللباني (الروبة) بواسطة أنابيب تمتد إلى قاع الفرم حيث يدفع الأسمنت الماء خارج الفرم ويحل محله مالئاً الفراغات بين حبيبات الركام.

5. طريقه أكياس الخرسانة Sacked concrete:

وفيها يتم وضع خرسانة ذات قوام جاف (مفلفلة) في أكياس (أجولة) من الجوت سعة كل منها واحد متر مكعب تقريبا وتربط الأكياس جيداً ثم ترص في مكان الصب في صفوف مترابطة كما في حالة بناء الحوائط بحيث تكون الأكياس في النهاية كتلة واحدة متماسكة متداخلة.

معالجة الخرسانة:

تعتبر معالجة الخرسانة من أهم العمليات التي تؤثر على خواص الخرسانة وهي متصلبة كما ذكرنا سابقا وان هناك طرق مختلفة لهذه المعالجة والتي تتناسب مع ظروف الموقع ونوع العنصر الانشائى ونوع المنتج الخرساني.

خرسانة الأجواء الباردة:

يجب عمل الاحتياطات اللازمة لكي لا تقل درجة الحرارة الخرسانة المنتجة عن صفر درجة مئوية خلال المراحل الأولى من الشك والتصلب بالرغم من إن عملية الاماهة (تفاعل الاسمنت مع الماء) تستمر عند درجة حرارة اقل من الصفر وان الحد الأدنى والذي تتوقف عنده عملية الاماهة تماما هي حوالي (− 12) درجة مئوية إلى حوالي (− 20) درجة مئوية.

هذا وتعتبر مقاومة الخرسانة للضغط حوالي 35كجم/سم^2 في اليوم التالي للصب هي الحد الأدنى الذي يحقق الأمان لمنع حدوث الانهيار بتأثير التجمد والذوبان. هذا ويجب عمل الاحتياطات اللازمة والواجب مراعتها عند صناعته خرسانة في الأجواء الباردة (وهي التي متوسط درجة الحرارة للجو المحيط بالخرسانة لمدة ثلاثة أيام متتالية تقل عن 50 درجة مئوية) وذلك كالآتي:

1. استخدام الإضافات التي تعجل من تفاعل الاسمنت مع الماء مع الأخذ في الاعتبار نوع الإضافة ونسبتها.
2. استخدام الاسمنت المبكر المقاومة.
3. زيادة محتوى الاسمنت في الخلطة مع اقل نسبة مياه للاسمنت.
4. المحافظة على الخرسانة في درجة حرارة لا تقل عن 10 درجة مئوية.
5. عدم فك الشدات قبل التأكد من وصول الخرسانة لمقاومة الضغط المناسبة.
6. عند حدوث انخفاض كبير في درجة حرارة الجو المحيط يتم تسخين ماء الخلط فقط وربما تسخين الزلط اذا انخفضت درجة الحرارة عن صفر درجة مئوية.
7. التأكد من خلو مكونات الخرسانة من رمل وزلط من كتل المواد الثلجية واثر الصقيع.

خرسانة الأجواء الحارة:

إن أهم الاحتياطات التي يجب عملها عند صب الأعمال الخرسانية في الأجواء الحارة هو منع سرعة تبخر الماء من الخرسانة. هذا ويجب عمل الاحتياطات اللازمة لصب الخرسانة في الأجواء الحارة (إذا زادت درجة الحرارة عن 36 درجة مئوية) منها:

1. العمل على منع سرعة تبخر الماء من الخلطة خلال نقلها أو صبها أو دمكها خلال مراحلها الأولى وذلك بتركيب مظلات للحماية من أشعة الشمس أو تأخير موعد الصب حتى وقت متأخر من الليل.

2. البدء في أعمال المعالجة بمجرد الانتهاء من تصلد السطح الخارجي بدرجة تكفي لمقاومة الخدش بتغطية الخرسانة لشرائح من البلاستيك أو الورق الغير منفذ للماء.
3. بعد صب الخرسانة يجب دمكها وتسويتها في الحال.
4. استخدام مواد الخلط الباردة والمحافظة على بقائها باردة بتشوينها في الظل كلما أمكن.
5. ترطيب ورش طبقة الأساس في أعمال الطرق وكذلك حديد التسليح والشدات الخشبية قبل صب الخرسانة مباشرة لمنع صد امتصاص الماء من الخلطة.
6. استخدام الإضافات أحيانا في المناخ الحار لتاخير زمن شك الخرسانة وتقليل الحاجة إلى إضافة الماء إلى الخلطة.
7. دهان الخلاطات من الخارج بمواد عاكسة لأشعة الشمس أو تغطية الحلة بطبقة أو أكثر من الخيش مع رشها بالمياه .
8. إذا كان الاسمنت سائبا في صوامع فانه يجب دهانها من الخارج بمادة عاكسة لأشعة الشمس إما إذا كان في أكياس فترص الأكياس تحت سقيفة مهواة.

فواصل الخرسانة:

إن في الأعمال والمنشات الخرسانية يتطلب الأمر عمل وتنفيذ ما يسمى بالفواصل الإنشائية وهي فواصل الصب والانكماش والتمدد والهبوط وفيما يلي نوجز بعض منها:

فواصل الصب:

فاصل الصب هو الفاصل بين صبتين متجاورتين انقضى بين إجرائهما فترة من الزمن بسبب عدم إمكان إجراء الصب بأكمله في عملية مستمرة.

يراعى عند عمل فواصل الصب الشروط والاحتياطات التالية:

1. إن تكون الفواصل في الكمرات والبلاطات عند مواقع القيم الدنيا لقوى القص ما أمكن أو عند نقط انقلاب العزوم المجاورة للركائز.
2. يجب أن يكون الفاصل متعامدا مع القوى الداخلية المؤثرة.
3. تعمل الفواصل بين الكمرات العميقة أو المقلوبة والبلاطات المتصلة بها عند مواقع هذا الاتصال.
4. يفضل أن يحدد المنفذ فواصل الصب مسبقا على اللوحات التنفيذية مع مراعاة إيضاح أسياخ التسليح اللازم لنقل قوى القص والشد الرئيسية عند الفواصل، وذلك لإمكان عرضها على المهندس المصمم إذا لزم الأمر.
5. عند استئناف صب الفواصل الأفقية (بعد أكثر من يوم) ينحت سطح الخرسانة جيدا لإظهار الركام الكبير، ثم ينظف السطح حتى تزال البقايا والمواد السائبة ويغسل بالماء حتى التشبع ثم ترش طبقة من خليط الاسمنت والماء (اللباني الروبة) أو دهانات زيادة التماسك بين كل من الخرسانة القديمة والجديدة.

فواصل الانكماش:

في حالات المسطحات الواسعة التي تتطلب عمل فواصل انكماش بها لتفادي حدوث تشققات مثل أرضيات المصانع والجراحات وغيرها، تقسم هذه المسطحات إلى مجموعة من الأجزاء لا يتجاوز عرضها 4 متر ولا يتجاوز أطول بعد فيها عن 25 مترا ثم تصب أولا الأجزاء الفردية أو الزوجية، وبعد مضى أسبوع على الأقل يستكمل تبادليا صب باقي الأجزاء.

فواصل التمدد:

تكون المسافة القصوى بين فواصل التمدد للمنشات العادية كما يلي:

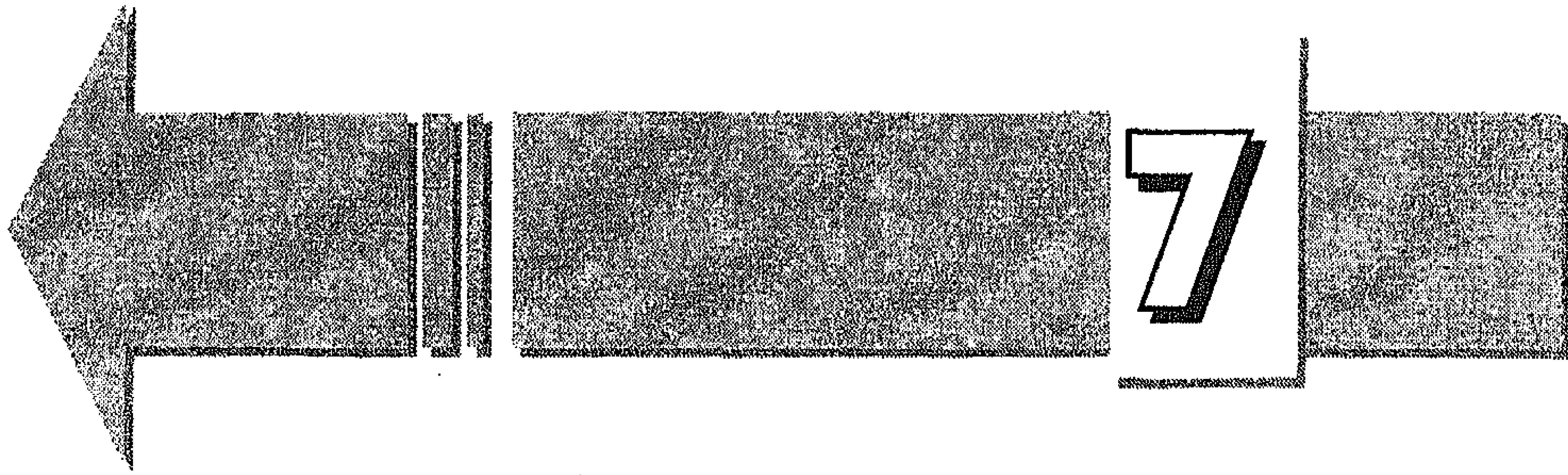
أ. من 40 إلى 45 مترا في المناطق المعتدلة.

ب. من 30 إلى 35 مترا في المناطق الحارة.

ويمكن إن يسمح بزيادة هذه المسافات بشرط الأخذ في الاعتبار عند التصميم تأثير عوامل التمدد والانكماش والزحف. وفي حالة أعمال الخرسانة الكتلية كالحوائط الساندة والأسوار يجب ترتيب الفواصل على مسافات اقل، مع اخذ الاحتياطات لعدم تسرب المياه من هذه الفواصل.

فواصل الهبوط:

وهي فواصل يتم عملها عند وجود احتمال كبيرة على احد القواعد أو المنشات وبالتالي اجهادات عالية بالتربة تختلف وتقل عن المجاورة لها والمعرضة إلى أحمال اقل وذلك بفصل كل من جميع العناصر الإنشائية المكونة للمبنيين أو القاعدتين المتجاورتين من قواعد وسملات وأعمدة وبلاطات على كامل ارتفاع المبنيين المتجاورين.



الوحدة السابعة

معالجة الخرسانة بعد الصب

معالجة الخرسانة بعد الصب

من المفروض أن الخرسانة تتحمل الإجهاد فقط وليست مسئولة عن منع نفاذية الماء. ويكون التشقق الناتج عن الانكماش اللدن مصاحباً للصب، ويمكن حدوثه عندما يكون معدل التبخر أكثر من معدل صعود الماء للسطح من الخرسانة حديثة الصب (النزف)، كما وتؤثر درجات الحرارة العالية على لخرسانة (الجو الحار) وكذلك هواء وسرعة الرياح العالية وقلة الرطوبة.

إيناع الخرسانة بعد صبها Concrete Curing :

أهمية الإيناع:

1. صيانة الخرسانة من الجفاف المبكر والحرارة الزائدة والبرودة الشديدة والأضرار الميكانيكية كإجهادات التحميل والصدمات الثقيلة والاهتزازات الزائدة.
2. تكسب الخرسانة خواصها الأساسية مثل مقاومة الضغط ومقاومة نفاذ الماء.
3. تعويض المياه المستهلكة في التبخر والتصلد وذلك للمحافظة على الظروف المهيأة لاستمرار التفاعل الكيميائي بين الاسمنت والماء (يحتاج الاسمنت إلى الماء بشدة ليستكمل تصلبه وفي حالة نقص المياه تتوقف عملية التصلب).
4. تعويض الفاقد من الماء والمتبخر من الخرسانة – أو منع تبخره (التبخر يسبب شروخ في الخرسانة خصوصا في الوقت المبكر بعد الصب حيث تكون قوة تماسك الاسمنت مازالت غير كافية لمقاومة تلك الشروخ).
5. تبريد الخرسانة (وهذا ضروري جدا للحصول على قوة عالية للخرسانة)

الأوقات المناسبة للرش:

حفاظا على الخرسانة من الجفاف السريع لذا يجب تغطيتها بأغطية مناسبة من وقت صب الخرسانة إلى الوقت الذي تصبح فيه الخرسانة صلبة بدرجة كافية ويمكن رشها بالماء وتغطيتها بمادة رطبة ويجب حفظ الخرسانة رطبة

باستمرار لمدة لا تقل عن 7 أيام وذلك برشها بالماء أو تغطية السطح بالخيش أو الرمل أو القش أو أي مادة اهرى مناسبة مع حفظها في حالة رطبة بالرش طوال هذه المدة .

ويجب الحد من فقدان الرطوبة قدر المستطاع وخاصة خلال فترة الإماهة (Hydration) وتصلد الخرسانة الأولي برش جميع الأسطح المصبوبة بأسرع ما يمكن عندما يمكن أن تتحمل الأسطح المياه المصبوبة فوقها وبحيث لا تتجاوز (6) ساعات بدون ملدنات و24 ساعة مع الملدنات ..

كما يلزم الرش المياه مبكرا برفق حفاظا على السطح العلوي للخرسانة وليس خوفا من اختلاط المياه بالخرسانة لان لن تختلط.

وتجدر الإشارة أنه في الأوقات الحارة يلزم أن تكون الخرسانة مغطاة بطبقة كافية من المياه ليحدث التبخر من تلك المياه وليس من الخرسانة ويتسبب ذلك في تبريدها.

بالنسبة للأعمدة والجدران الخرسانية والأسطح الرأسية والأسطح المائلة التي لا تحمل المياه يجب رشها حال فكها.

ويجب أن تستمر هذه العملية لمدة أسبوعين ما عدا الخرسانة ذات التصلد السريع والمبكر حيث تنخفض هذه المدة لأسبوع واحد وتبدأ العملية قبل فك الشدة (الطوبار).

طرق الإيناع:

1. الغمر بالماء: وهي أفضل الطرق ولكنها ليست دائماً ممكنة، ويمكن استخدامها لغمر البلاطات والأسقف المنبسطة عن طريق إحاطتها بساتر رملي..
2. الخيش والبلاستيك والأقمشة الأخرى: بتغطية الخرسانة بالخيش المبلل بالماء والبلاستيك ويستحسن استخدام نوع سميك وثقيل الوزن للاحتفاظ بالرطوبة لمدة أطول.

3. الإيناع بالرش: حيث يمكن استخدام رشاشات ماء (الحفاظ على السطح رطب بصفة مستمرة) ولكن لا يسمح بالرش المتقطع الذي يسمح بجفاف سطح الخرسانة.
4. التغطية باللفائف المانعة لنفاذ الماء.
5. الرمل ونشارة الخشب: - - -
6. المعالجة بالبخار: وتستعمل لغرض الحصول على مقاومة مبكرة.
7. استعمال المركبات الكيميائية.

ظاهرة الشقوق في الخرسانة بعد الصب:

تظهر هذه الظاهرة في كثير من الأحيان وخاصة في حالات الجو الحار وتؤدي إلى بعض القلق لدى أصحاب العمل. لأنه يعتقد أن سببها وجود خلل معين في الخرسانة أو في التصميم وللاطمئنان سنذكر الأسباب التي تؤدي إلى عملية التشقق خاصة في الأسقف أو في الصبة العادية وهي:-

1. الخرسانة التي تصب في الجو الحار يحدث لها تبخر للمياه الموجودة بداخلها وبصورة أسرع من الوضع العادي وهذا يؤدي إلى التقلص السريع وهو ما يحدث قبل عملية التصلد وهذه العملية تتم عادة بعد مدة تتراوح من 2– 3 ساعات بعد الصب، وتكون الشقوق بأشكال طويلة ومختلفة الاتجاهات.
2. السرعة في عملية تسوية سطح الخرسانة بعد الصب وعدم الانتظار حتى تأخذ الخرسانة شكلها الطبيعي في المكان ويحدث لها بعد ذلك هبوط.
3. كل (متر مكعب) خرسانة يحتوي بداخله على نسبة هواء تصل إلى 50 لتر هواء ونسبة كبيرة من الكمية تخرج على شكل فقاعات هوائية تسبب هبوط للخرسانة بعد تسويتها وهذا يؤدي إلى تشققات.
4. كما أن حديد التسليح عندما يكون قريب من السطح العلوي الخارجي وتكون الخرسانة فوقه (الغطاء الخرساني) غير سميكة فترى حينها تشققات على طول سيخ الحديد.

5. نسبة الاسمنت في الخلطة لها دور أو ربما تكون سبباً فعندما تخلط بالماء ينتج عنها سعرات حرارية بنسبة لا تقل عن 100 سعر حراري لكل 1 جرام مكعب وهذا نتيجة عملية الهدرجة والتي تبدأ بعد اتصال الاسمنت بالماء ولهذا نلاحظ أن الخرسانة التي يكون فيها نسبة الاسمنت عالية مثلا ب 350 كيلو في المتر المكعب وما فوق تكون معرضة للتشقق أكثر من الخرسانة العادية ولهذا يفضل إضافة مواد كيماوية للخلطة لتقليل عملية التشقق وخفض الحرارة المتكونة.
6. هذه الشقوق التي تظهر هي سطحية جداً وتبدو في البداية أنها عميقة ولكنها ما تلبث وأن تبدأ بالزوال مع مرور الوقت ويبقى منها أثر بسيط يمكن معالجته بصورة بسيطة إذا احتاج الأمر ولكنها لا تؤدي في النهاية إلى ضعف في الخرسانة.

طرق الوقاية لعدم حدوث لتشققات في الخرسانة:

1. يجب أن تعطي فرصة للخرسانة لتأخذ مكانها في الوضع الإنشائي وليس بالمدة الطويلة حتى لا تتصلد الخرسانة ويصعب تسويتها.
2. يرش الماء بصورة سريعة في أيام الحر أو الجو الجاف. فدرجة الحرارة التي تزيد عن 25 درجة تعتبر حارة بالنسبة للخرسانة وذلك لتعويض الماء المتبخر ولو قبل عملية التصلد ولكن رش خفيف.
3. يمكن تغطية الأسقف بالخيش المبلل ثم يرش الماء لتكون رطبة لفترة أطول..
4. أن تتم عملية تسوية سطح الخرسانة بعد 15 دقيقة من الصب
5. إضافة بعض من الكيماويات وباستشارة مختص لمنع التشققات في الأجواء الحارة (يجب أن تعطي فرصة....) يعني عندما تصب في الأسقف والكمرات الساقطة انتظر 5– 15 دقيقة ثم أقوم بالتسوية (تعديل ومسح الخرسانة بالقدة) وهذه المدة لا تعني أن أكون واقف أنتظر بل تعني أنني بعد صب مساحة غرفة ثم انتقل لمساحة ثانية أصبها يكون للصبة الأولى زمن دقائق وخلالها تكون الخرسانة دخلت بين الحديد وفي الكمر الساقط ولن يحصل لها هبوط بعد ذلك.

أما درجة الحرارة المفضلة للخرسانة هي من 20 إلى 32 درجة فإذا كانت درجة الحرارة أعلى من ذلك مثلاً 40 أو أكثر فبعد الانتهاء من الصب بساعة نقوم برش ماء على الخرسانة حتى نعوض الماء المتبخر والذي كان لازم لعملية التصاق الاسمنت بالحديد.

المقصود بالتسوية هو تعديل ومسح وجعل السطح مستوي كما أن من أسباب التشققات:

1. التلاعب في نسبة الخلط.
2. التلاعب في جودة مواد الخلط.
3. عدم رش البلاطات (السقوف) بالماء بعد أيام الصب.
4. أخطاء في حساب الأحمال المسلطة على السقف.
5. ضعف قوة شد الحديد.
6. كمية حديد التسليح.
7. فك الخشب قبل الوقت المحدد.
8. هبوط التربة أسفل الخشب مما يودي إلى هبوط الخشب في فترة التحميل.

سمك البلاطة وعدد الحديد في المتر الطولي مهم والحل الأفضل لو قمت بفتح احد الشروخ وليكن الكبير منها لمعرفة مدي عمق الشرخ وهل وصل إلى الحديد أم لا فإذا كان سمك البلاطة في حدود 10 سم والحديد أربعة أو خمسة في المتر فيكون الترجيح لضعف الخرسانة لعيوب بأحد مكوناتها أو لصدأ الحديد وأيضا هل السطح نهائي فتأثير درجات الحرارة يكون كبير أحيانا ويكون سبب رئيسي للشروخ وخصوصا عند الأركان.

الشقوق في الحوائط:

بالنسبة لمشكلة الشروخ بالحوائط فإنه ناتج عن هبوط التربة أي عند تصميم البناء لم يؤخذ بنظر الاعتبار حساب قابلية تحمل التربة فعند هبوط التربة أدى هذا إلى هبوط الجدران بنسب متفاوتة مما أدى إلى تشقق الجدار. هذا العامل يؤثر سلبيا على المبنى واحتمال حدوث خلل في تصاميم الأسس وعدم الدقة في الخلط من حيث نسبه الماء إلى الاسمنت ودقة الكميات وثبات الخشب وجودة المواد.

التشققات الشعرية سببها الأساسي عملية المعالجة يجب فرش خيش مبلل على السقف ومعالجتها لمدة أسبوع برش المياه.

إما الشروخ الأخرى سببها فواصل التمدد والانكماش وطريقة الصب يراعي عند صب الخرسانة في الأجواء الحارة مراعاة ألا تزيد درجه حرارة الخرسانة عن 31 درجة ويتم تغطيه الخرسانة بغطاء بلاستيك بعد الصب مباشره لعدم تبخر الماء الشقوق السطحية ممكن معالجتها كيمياويا،فهي غالبا ما يكون سببها حرارة الجو وأن الخرسانة تأخذ شكلها النهائي الطبيعي يخرج الماء وتنكمش قليلا، يحصل شد في الجزيئات الداخلية تظهر على شكل شقوق بعمق 1.5– 2 ملم، أنها غير مهمة، وتعالج كيمياويا.

معالجه الخرسانة:

إن مقاومة الخرسانة للضغط وقوة احتمالها ومقاومتها لنفاذ الماء وثبات حجمها يزداد بمرور الوقت بشرط أن تكون الظروف مهيأة لاستمرار التفاعل الكيماوي بين الماء والأسمنت وذلك بحفظ درجة معينة ومناسبة من الرطوبة أو منع الماء من التبخر والمعالجة تتم عن طريق: منع تبخر ماء الخرسانة بتغطيتها أو قفل مسامها بعمل غشاء أو طبقة مانعة للتبخر.و إضافة الماء باستمرار للتعويض عن الماء الذي يتبخر.

المواد المستعملة في المعالجة:

1. الماء.
2. الخيش المرطب.
3. الأغشية المانعة للتسرب مثل : لفائف البلاستيك والورق المانع لتسرب الماء.
4. مركبات أو إضافات المعالجة والتي تعمل على سد مسام الخرسانة.
5. مواد أخرى مثل الرمل الطبيعي والتبن والقش ونشارة الخشب والركام الناعم.

طرق المعالجة كثيرة منها:

1. الغمر بالماء على شكل برك (في الأسطح الأفقية والأرضيات).
2. الرش بالماء (حفظ السطح رطبا بين مواعيد الرش مع عدم السماح له بالجفاف).
3. التغطية بالخيش الرطب.
4. التغطية باللفائف المانعة لتسرب الماء.
5. المعالجة باستعمال المركبات الكيماوية (العازلة للرطوبة – السدود).
6. المعالجة بالبخار:

أ. تحت ضغط عادي (ضغط الجوى) وتستغرق من (10– 16) ساعة.

ب. تحت ضغط عالي وتستغرق من 7 إلى 8 ساعات.

والمعالجة بالبخار تستخدم في مصانع الخرسانة الجاهزة وهي عملية معقدة ومكلفة ولكنها تؤدي إلى السرعة في عملية الإماهة والتصلد للإسراع من الإنتاج وتجنب مشاكل التخزين وتفيد في عمل خلطات ذات محتوى ماء قليل فتزيد المقاومة وتقل نسبة الانكماش وتكون ذات مقاومة أعلى للكبريتات.

إزالة الفرم والشدات (الطوبار):

إن المدة الواجب انقضاؤها بين صب الخرسانة وفك الشدات تتوقف على درجة الحرارة وطول البحر ونوع الأسمنت المستخدم وأسلوب المعالجة والحمل الذي سيتعرض له المنشأ بعد الفك.

ويشترط أن لا ينتج عن الفك حدوث أي ترخيم أو شروخ أو تشوهات غير مسموح بها. ويجب مراعاة أن لا تتعرض الخرسانة للاهتزازات أو الصدمات أثناء الفك. وفي حالة استعمال أسمنت بورتلاندى عادي فيمكن إزالة الفرم والشدات الخشبية بعد مدة لا تقل عن القيم الآتية:

1. الجوانب والأعمدة المعرضة لقوى ضغط محوري فقط يمكن فكها بعد 24 ساعة.
2. الكمرات والبلاطات بعد مدة = 2ل + 2 يوم.

حيث ل = طول بحر الكمرة أو البحر الأصغر للبلاطة بالمتر. بحيث لا تقل المدة عن أسبوع.

3. الكوابيل بعد مدة = 4ل + 2 يوم

حيث ل = بروز الكابولى بالمتر. بحيث لا تقل المدة عن أسبوع.

4. عندما تكون الفرم والركائز حاملة لأحمال إضافية كما في حالة الطابق الذي يحمل وزن الطابق التالي حديث لا يجوز فك القوائم إلا بعد انقضاء 28 يوماً مع اتخاذ كافة الاحتياطات التي تضمن ارتكاز القوائم على أرضية تتحمل الأثقال عليها بأمان وبعد التأكد من أن مقاومة الخرسانة بعد 28 يوم قد أوفت باشتراطات المشروع.
5. في حالة استعمال أسمنت بورتلاندى غير عادى أو في الحالات التي تنخفض فيها درجات الحرارة عن 15 درجة مئوية فيجب الحذر وتأجيل فك الفرم والشدات الخشبية مدة مناسبة بالإضافة إلى المدد المشار إليها سابقاً.

الترميم والبياض:

- يشتمل الترميم على:

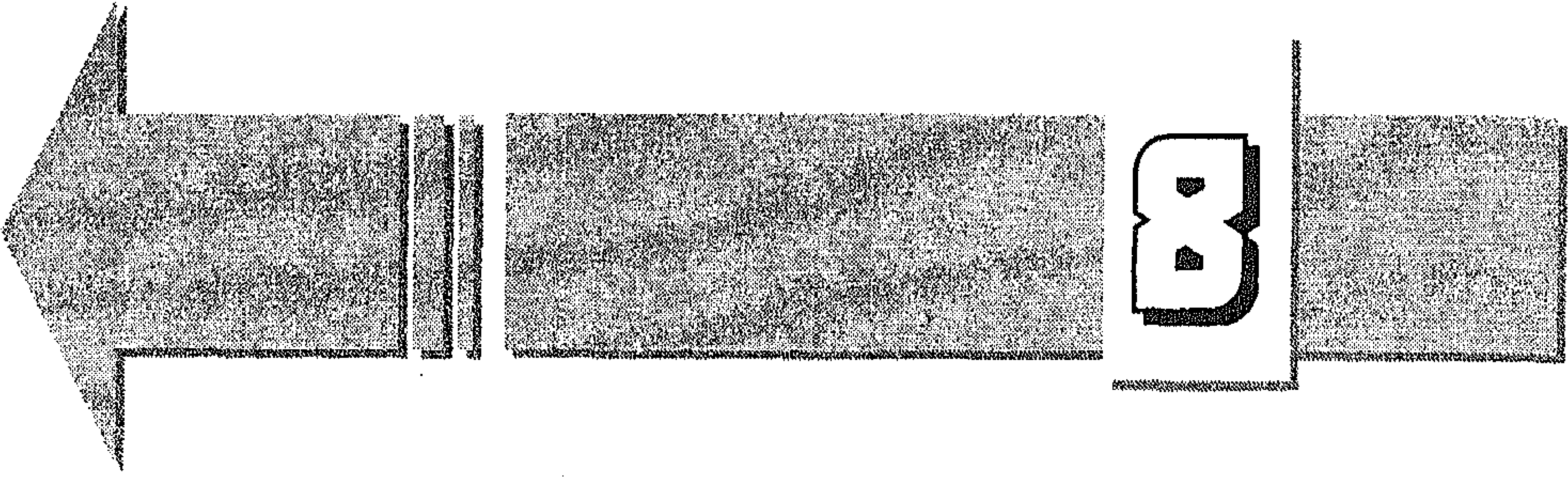
إزالة الزوائد– ملء الفجوات وأماكن التعشيش– تنظيف السطح الخارجي للخرسانة.

أ. طريقة ملء الفجوات:

يتم تنظيف أماكن العيوب وإزالة المونة والركام الضعيف تُبلل الفجوات بالماء تم تُفرش بمونة الأسمنت والرمل بنسبة 1:1 بالوزن تُصب مونة الترميم والمكونة من أسمنت ورمل بنسبة 3:1 بالوزن بحيث تكون بارزة قليلا عن سطح الخرسانة وتُترك مدة 2 ساعة تقريبا ثم يسوى السطح على السطح المحيط به.

ب. أما معالجة السطح الخارجي فتتم بطرق عديدة منها:

1. تنظيف السطح الخارجي باستخدام الخيش والمونة الغنية بالأسمنت وذلك لملء الثقوب الصغيرة وإعطاء سطح الخرسانة لون متجانس.
2. الغسيل بالأسمنت.
3. الطرطشة: وذلك برش طبقة من مونة الأسمنت والرمل الناعم على سطح الخرسانة.
4. البياض بالمحارة: وذلك بعمل طبقة من مونة الأسمنت والرمل بسمك 2:1سم ثم تمشط أو تنعم.



الوحدة الثامنة

خواص الخرسانة الطازجة

خواص الخرسانة الطازجة

مراحل وأنواع الخرسانة خلال عمرها:

1. الخرسانة الطازجة:

وهي الخرسانة من لحظه أضافه الماء إليها حتى لحظه ما قبل الشك الابتدائي وتتميز بلدونتها وقابليتها للتشكل نتيجة وجود الماء مما يجعلها تملأ الشدات والقوالب وهي تمثل البداية للخرسانة.

2. الخرسانة الخضراء:

وهي الخرسانة بعد شكها الابتدائي وحتى بعد الشك بفترة وجيزة وتكون هذه الخرسانة ضعيفة جدا ليس لها أي مقاومة للاجهادات الخارجية ويجب ألا تترك للعوامل الجوية لعدم التأثير عليها.

3. الخرسانة المتصلدة:

وهي الخرسانة التي تصلدت واكتسبت مقاومة وتستطيع تحمل الأحمال والاجهادات الواقعة عليها وتستطيع تحمل الظروف الجوية والكيميائية المحيطة بها.

فكره الخرسانة المسلحة: أينما وجد الشد نضع الحديد ليتحمل قوه الشد وأينما وجد الضغط فالخرسانة كفيلة به.

مقاومة الخرسانة للشد تساوى تقريبا 10/1 من مقاومتها للضغط لذلك نضع حديد التسليح.

مقاومه ضغط الخرسانة هي الأساس وهي تعبر عن جميع المقاومات سواء شد أو قص أو ترابط كنسبة من مقاومة الضغط وهي العامل الأساسي في التصميم والتنفيذ.

خواص الخرسانة الطازجة Properties of fresh concrete:

للخرسانة الطازجة بعض الخواص الواجب تدارسها للتعرف على آليات التعامل معها وأهم هذه الخصائص ما يلي:

1) قوام الخلطة الخرسانية consistency

يعبر قوام الخرسانة الطازجة عن درجة بلل الخرسانة، وهو يعبر أيضا عن السيولة النسبية للخرسانة أي يعبر عن النسبة بين كمية ماء الخلط وكمية المواد الجافة بالخرسانة. ويهدف تحديد قوام الخلطة الخرسانية إلى ضمان الحصول على خرسانة ذات تشغيلية مقبولة، كما أنه من أهم وابسط الخواص التي تساعد على انتظام الخلطة الخرسانية الطازجة وتجانسها وضبط جودتها قبل الصب مباشرة.

العوامل التي تؤثر على القوام:

1. نسبة مكونات الخلطة (الركام الكبير والاسمنت والماء تناسب طردي).
2. نعومة الاسمنت (المساحة السطحية للاسمنت) (تناسب طردي).
3. المقاس الاعتباري الأكبر للركام (تناسب طردي).
4. الزمن (الفترة الزمنية بين الانتهاء من الخلط وإجراء الاختبار).
5. حرارة الجو.
6. الإضافات (تعمل على تحسين القوام Super plasticizers).

طرق تعيين القوام للخرسانة الطازجة:

يوجد ثلاث طرق رئيسية لتعيين قوام الخرسانة الطازجة:

1. هبوط الخرسانة الطازجة بعد إزالة قالب التشغيل Slump test

ويطلق عليه اختبار التهدل الذي يجرى حسب المواصفات البريطانية القياسية BS 1881–102:

أ. يكون قالب الفحص على شكل مخروط ناقص مصنوع من صفائح الفولاذ المجلفن سمك (1.6) مليمترا أو أكثر سطحه الداخلي أملس ومزود من

الخارج بأيدي وأرجل خاصة للرفع والتثبيت وتكون أبعاده وتفاصيله مطابقة للمواصفات القياسية.

ب. يكون قضيب الدمك مصنوع من الفولاذ ذو مقطع دائري الشكل قطر (16) مليمترا وطوله (600) مليمترا حافته السفلي مستديرة بشكل نصف كروي.

ج. يوضع القالب على سطح جاسيء مستو وناعم غير ماص للماء، ويفضل استعمال صفيحة مستوية من الفولاذ المجلفن لهذا الغرض، على أن يكون السطح المذكور مثبت أفقيا باستخدام ميزان الماء في موضع بعيد عن أي مصدر للذبذبات أو الارتجاجات.

د. يملأ القالب بالخرسانة الطازجة على طبقات متتالية بحيث يكون سمك الطبقة الواحدة مساويا لربع ارتفاع القالب. تدمك كل طبقة حسب الأصول باستعمال قضيب الدمك وبعدد (25) ضربة موزعة بانتظام على كامل سطح الطبقة. بعد مليء القالب بالكامل يسوي السطح النهائي باستخدام المالج مع مستوى الفتحة العلوية للقالب.

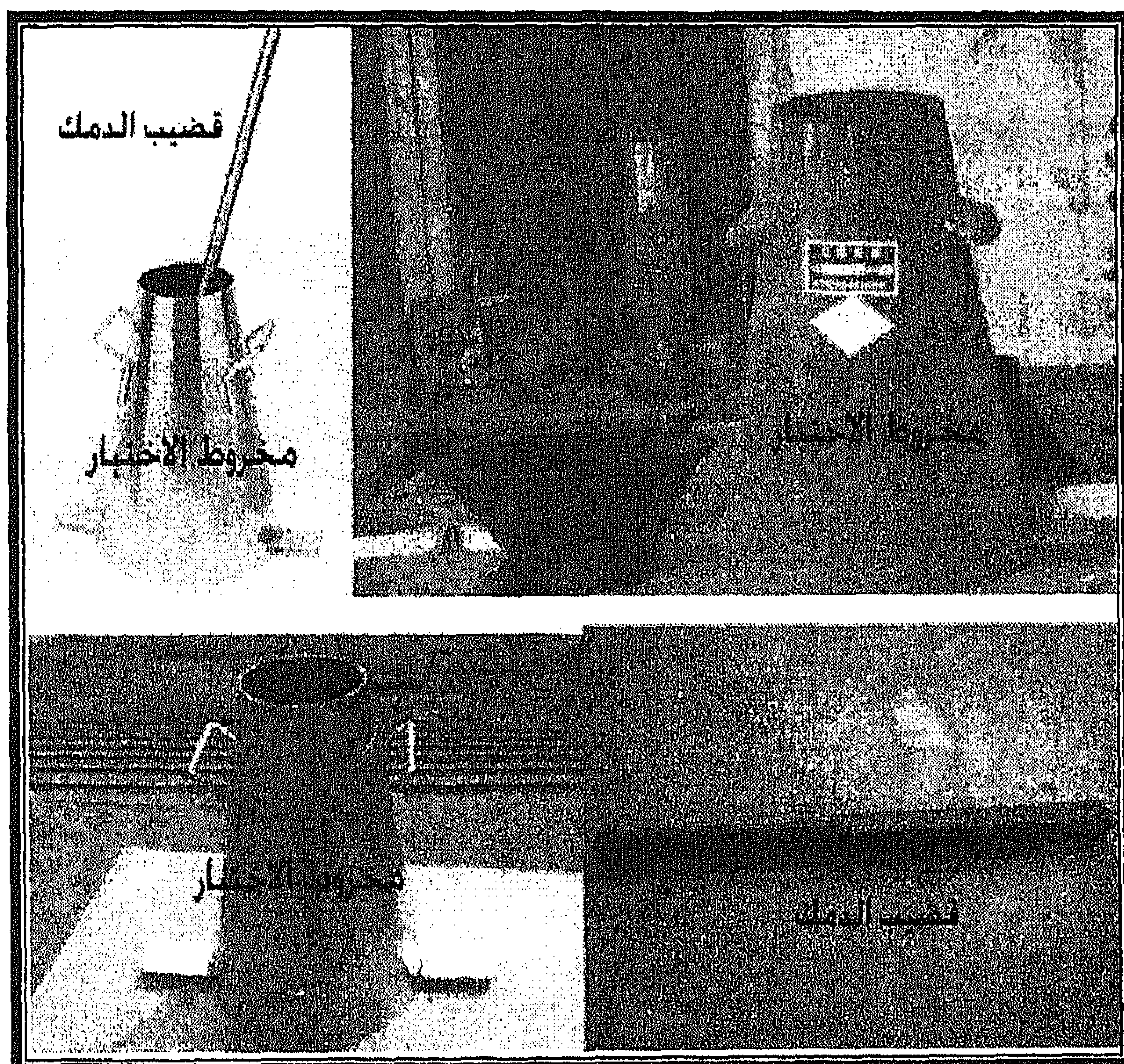
ه. يرفع القالب رأسيا إلى أعلى ببطء وحذر وبشكل يضمن عدم زحزحة الخرسانة.

و. يوضع القالب رأسيا بجانب كتلة الخرسانة التي رفع عنها، ويقاس تهدل الخرسانة بقياس الفرق في الارتفاع بين القالب وأعلى نقطة من كتلة الخرسانة.

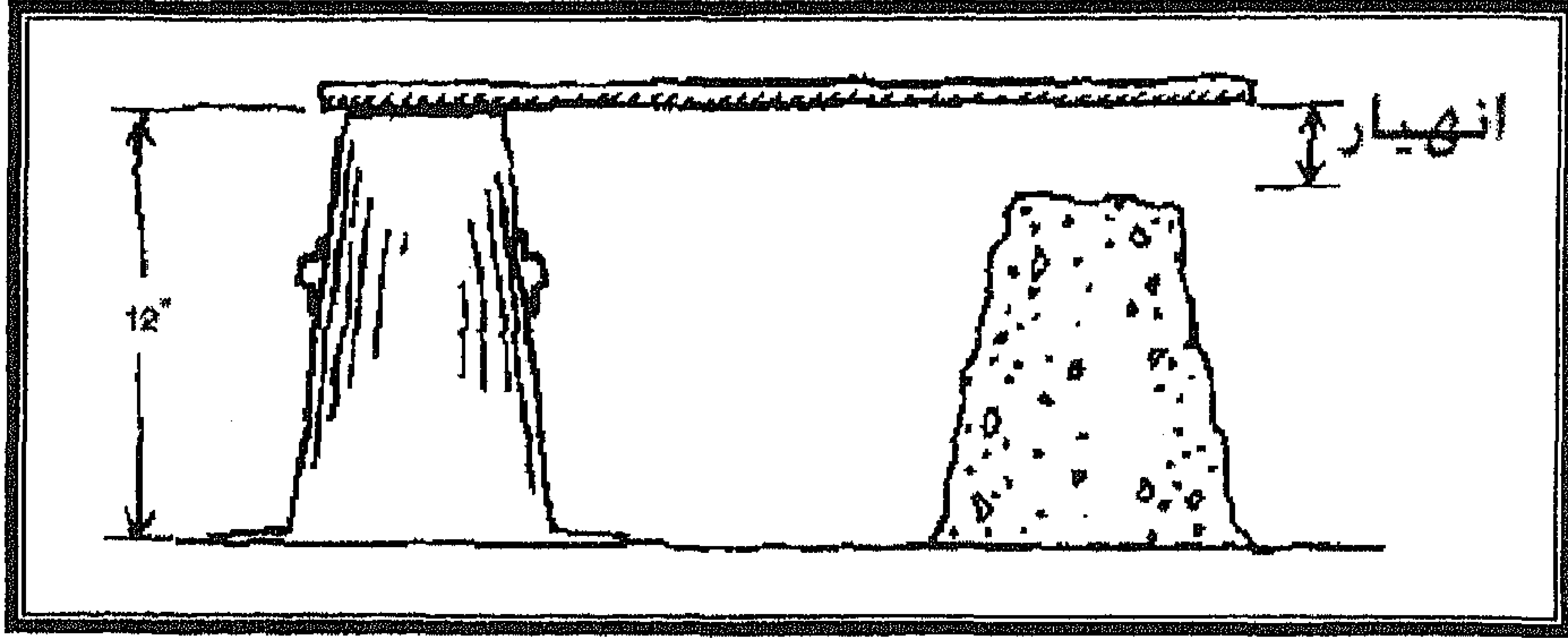
ز. يتوجب إعادة الاختبار إذا ما حدث انهيار أفقي للخرسانة الطازجة عند رفع القالب عنها وإذا حدث ذلك الانهيار عند إعادة الفحص فيعتبر قوام الخرسانة غير مطابق لهذه المواصفات.



اختبار الانهيار أو التهدل للخرسانة بالموقع



أدوات اختبار الانهيار



رسم كروكي لاختبار الانهيار

2. انسياب الخرسانة الطازجة بعد تعرضها للاهتزازات Flow test:

يجرى هذا الفحص في المختبر للتعرف على قوام الخرسانة ومدى ميلها للانعزال. يمكن تعيين انسياب الخرسانة بموجب الطريقة المبينة في المواصفات القياسية الأمريكية ASTM C124-77 وذلك باستعمال قرص دائري قطره 760 ملم موضوع بحيث يمكن رجه وذلك بإسقاطه مسافة 13. ينظف القرص بواسطة قطعة قماش مبللة ثم يوضع قالب اختبار الانسياب والذي يكون بشكل مخروط ناقص قطر قاعدته العليا 171ملم وقطر قاعدته السفلي 254 ملم في وسط القرص ويملأ بالخرسانة الطرية بطبقتين حيث تدك كل طبقة 25 ضربة بواسطة قضيب رص ذو نهاية مدورة قطره 16 ملم وطوله 610 ملم ثم يسوى السطح بواسطة مالج وتزال الخرسانة الزائدة من القالب. ينظف سطح القرص المحيط بقاعدة القالب في حالة سقوط خرسانة عليه وبعدها يرفع القالب مباشرة بصورة عمودية ثم يرج القرص 15 مرة وذلك برفعه وخفضه مسافة 13 ملم في حوالي 15 ثانية وسينتج عن ذلك انسياب الخرسانة على القرص. يقاس معدل قطر الخرسانة المنسابة إلى اقرب 6 ملم وبذا يمكن تعيين انسياب الخرسانة بحساب النسبة المئوية للزيادة في معدل قطر الخرسانة المنتشرة على القرص D مقسوما على القطر الأصلي لقاعدة الخرسانة D1 أي أن:

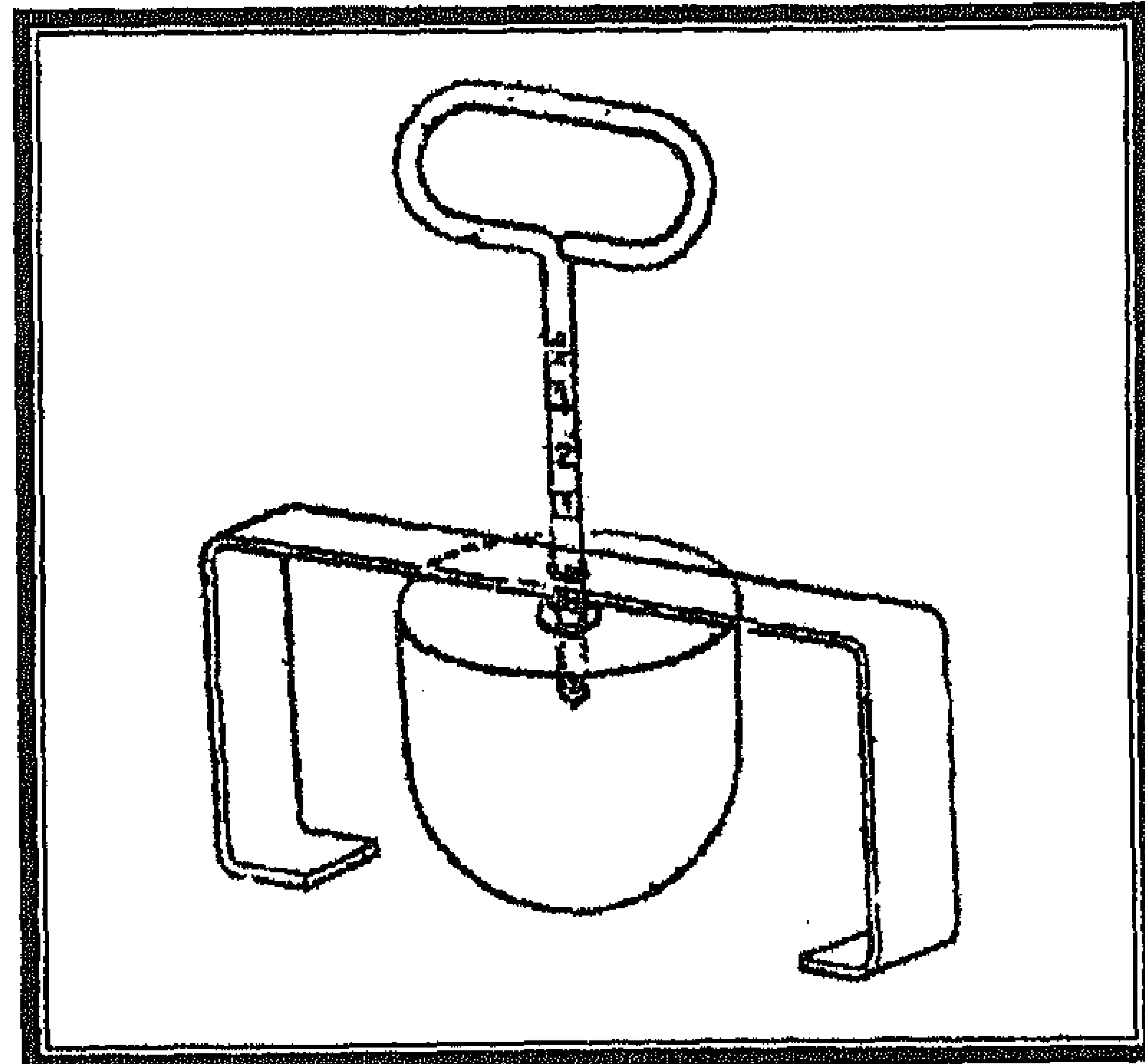
الانسياب = معدل قطر الخرسانة المنتشرة على القرص – القطر الأصلي لقاعدة الخرسانة

ومن المفيد أن نعلم أن هذا الاختبار يعبر عن مقدار قوام الخرسانة وكذلك يدل على الانفصال بواسطة قياس انتشار كومة من الخرسانة معرضة للرج. وتساعد عملية الرج خلال الاختبار في انفصال الحبيبات الكبيرة إلى الخارج إذا لم تكن الخلطة متماسكة. أما في الخلطات السائبة فتنهدر العجينة إلى خارج الخلطة بعيداً عن المركز تاركة الركام الكبير هناك.

3. فحص الاختراق بطريقة كرة كيلي:

يجرى هذا الفحص الحقلي البسيط لغرض السيطرة على قوام الخرسانة وذلك بوضع جسم معدني بشكل نصف كرة قطره 152 ملم ووزنه 13.6 كغم على سطح الخرسانة الطرية ثم تقرأ قيمة اختراق الجسم المعدني للخرسانة الطرية على مقياس الجهاز حيث يزداد الاختراق كلما كان قوام الخرسانة أكثر بللاً.

وهذه الطريقة يحدد بها قوام الخرسانة بدقة وسهولة كبيرة وكما يشير الشكل المرفق فهي مكونة من وعاء له مقياس مدرج ويستخدم في المعمل وفي القوالب والعمل شريطة ألا يقل عمق الخرسانة عن 8 أنش والأبعاد العرضية عن 18 بوصة ويقيس هذا الجهاز عمق الاختراق لنصف كرة تنغمس في الخرسانة تحت ثقلها وهي طازجة.



جهاز فحص الاختراق بطريقة كرة كيلي

2) قابلية التشغيل workability:

قابلية التشغيل هي خاصية الخرسانة الطازجة التي تبين السهولة التي يمكن بها صب ومناولة الخلطة الخرسانية.

وتعتبر درجة التشغيلية خاصية نسبية. فعلى سبيل المثال تكون خرسانة ما ذات تشغيلية مناسبة لغرض معين بينما لا تكون ذات الخرسانة مناسبة بالنسبة لدرجة تشغيليتها لغرض آخر. أما الهدف الأساسي من قابلية التشغيل فهو التعبير عن درجة تجانس الخلطة الخرسانية ومقاومتها للانفصال الحبيبي.

العوامل التي تؤثر على القابلية للتشغيل:

1. مقاومة القص أو القوة اللازمة لبدء الانسياب.
2. القدرة على الحركة بعد بدأ الانسياب أو المقاومة اللازمة لحركة الكتلة.
3. التماسك أو القدرة على عدم الانفصال.
4. اللزوجة الموجودة بدرجات مختلفة والتي تعبر كذلك على التماسك وعن قلة القدرة على الانفصال والتي تؤثر على تناولها.

والعوامل السابقة كلها مرتبطة بمكونات الخلطة الخرسانية وسوف نوضح أثر المكونات على القدرة التشغيلية فالركام (الحصمة) من حيث صلادته ومقاسه فإذا زادت نسبة الرمل فيه كانت التشغيلية أقل. أما شكل حبيبات الركام فكلما كانت غير منتظمة وذات حواف حادة ومفلطحة كانت صعبة التشغيل وتقل التشغيلية إذا كان سطح الركام خشناً. وتقل كذلك التشغيلية إذا كان الركام مسامياً والمقاس الاعتيادي كبير. أما الإسمنت فتؤثر طرق تصنيع الإسمنت تشغيلية الخرسانة فإذا زادت النعومة فيحدث زيادة على قابلية التشغيلية، وكذلك خواص العجينة الإسمنتية وخاصة نسبة الماء إلى الإسمنت. وعلى صعيد ماء الخلط فالخلطات الفقيرة بالإسمنت فزيادة الماء لا تؤثر على قابلية التشغيل وإذا كانت الخلطة غنية بالإسمنت فزيادة الماء أفضل بالنسبة إلى قابلية التشغيل. أما بالنسبة إلى نسبة الماء إلى الإسمنت فتكون على النحو التالي:

1. خرسانة جافة – صعبة صغر قيمة م/س يؤدى إلى التشغيل.
2. خرسانة ذات تشغيلية زيادة قيمة م/س يؤدى إلى أفضل.
3. خرسانة ذات تشغيلية رديئة زيادة قيمة م/س بدرجة كبيرة يؤدى إلى (سيولة الخرسانة).

وعلى صعيد الإضافات فهي تعمل على تحسين درجة التشغيلية للخرسانة بدرجات متفاوتة. وأهم هذه الإضافات:

للدنات(3:1) Super plasticizers % من وزن الاسمنت، مواد جيلاتينية، الهواء المحبوس الذي يعمل

الهواء المحبوس على تحسين درجة التشغيلية بشرط ان تتراوح نسبته في حدود (4-7)٪ .

طرق تعيين القابلية للتشغيل:

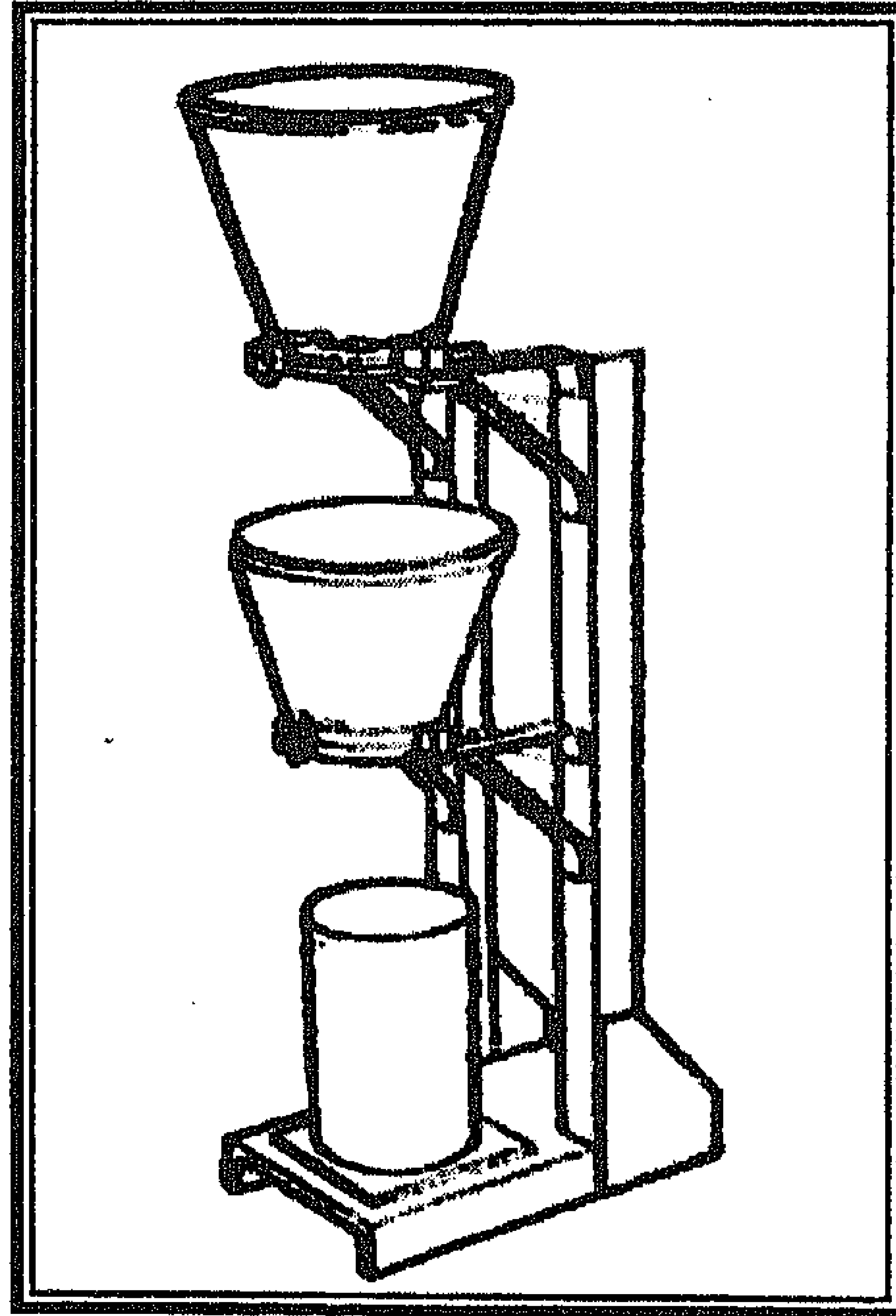
هناك ثلاث طرق لتعيين القابلية للتشغيل:

1. اختبار عامل الدمك Compacting factor test:

يعتبر هذا الفحص كمقياس جيد لقابلية تشغيل الخرسانة . يمكن إجراء هذا الفحص بموجب الطريقة المبينة في المواصفات القياسية البريطانية (B.S. part2.1970.1881) وذلك باستعمال جهاز يتكون من أنائين بشكل مخروط ناقص واسطوانة واحدة حيث تكون سطوحها الداخلية مصقولة لغرض تقليل الاحتكاك السطحي بينها وبين الخرسانة الملامسة لها. يملأ المخروط الناقص العلوي بالخرسانة بصورة هادئة كي لا ينجز عليها شغل يؤدي إلى رصها ثم تفتح بوابته مباشرة بعد ملئه لغرض السماح للخرسانة بالسقوط تحت تأثير وزنها الذاتي في المخروط الناقص التالي والذي يكون اصغر من المخروط الناقص العلوي لهذا يمتلئ بالخرسانة ويفيض وبذلك يتضمن تقريبا نفس كمية الخرسانة في الحالة القياسية بعد ذلك تفتح بوابة المخروط الناقص الثاني فتسقط الخرسانة في الاسطوانة ثم تزال الخرسانة الزائدة ويسوى سطح الاسطوانة جيدا. يعين وزن

الخرسانة للاسطوانة والمرصوصة جزئيا بتأثير الجهد القياسي المشار إليه أعلاه تحت تأثير وزنها الذاتي من ارتفاعات قياسية محددة. وبعدئذ يعاد ملئ الاسطوانة بنفس الخرسانة بطبقات عمقها 50 ملم تقريبا. ترص كل طبقة رصا تاما بقضيب الرص أو بالهزاز الميكانيكي وتزال الخرسانة الزائدة ويعدل سطح الاسطوانة ثم يعين وزن هذه الخرسانة المالئة للاسطوانة وبذا يمكن حساب عامل الرص من العلاقة التالية:

عامل الدمك = وزن الخرسانة المدكوكة جزئيا والمالئة لاسطوانة قياسية/ وزن نفس الخرسانة المدكوكة كليا والمالئة لنفس الاسطوانة يبلغ ارتفاع جهاز عامل الدمك حوالي 1.2م وعندما يزيد المقاس الأقصى للركام عن 19 ملم والى حد 38 ملم يستعمل جهاز اكبر حيث يبلغ ارتفاعه 1.8 م ولهذا السبب لا يستعمل الجهاز الكبير اعتياديا.



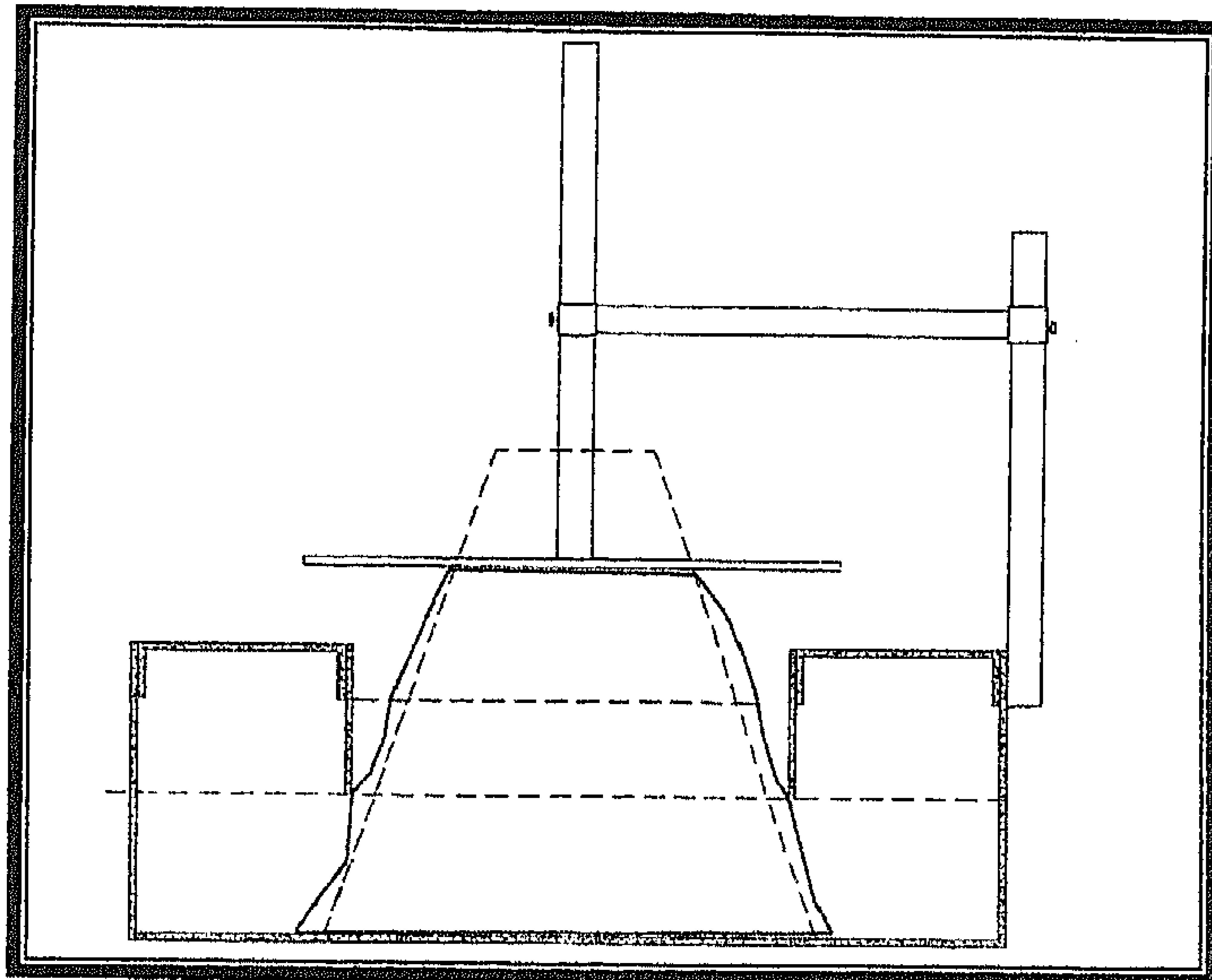
جهاز اختبار عامل الدمك

وتجدر الإشارة إلى أن هذا الجهاز يحدد درجة التشغيلية التي لا يزيد فيها مقار الركام الأكبر لها عن 1.5 بوصة وهو جهاز حساس ودقيق ويفيد كثيراً

للخلطات ذات التشغيلية المنخفضة التي تستخدم عند وجود هزازات. ويقيس هذا الجهاز مباشرة درجة التشغيلية معبراً عنها بمقدار الشغل المبذول بما فيه شغل مبذول ضد احتكاك السطوح للحصول على دمك تام.

2. اختبار إعادة التشكيل Remoudling test:

تقاس قابلية التشغيل بهذه الطريقة بالجهد اللازم لتغيير شكل نموذج من الخرسانة من هيئة إلى أخرى بواسطة الرج الترددي. يجرى الفحص بوضع مخروط ناقص أبعاده مماثلة لذلك المستعمل في فحص الهطول في داخل اسطوانة قطرها 305 ملم وارتفاعها 203 ملم مركبة بثبات على قرص الانسياب وفي داخل الاسطوانة الرئيسية توجد حلقة داخلية قطرها 210 ملم وارتفاعها 127 ملم يملأ المخروط الناقص بالخرسانة بالطريقة القياسية ثم يزال القالب ويوضع قرص وزنه 1.9 كغم على سطح الخرسانة. يرفع القرص ويخفض بإسقاطه مسافة 6.3 ملم وتكرر العملية عدة مرات حتى يهطل المخروط الخرساني مقدارا معينا مغيرا شكله إلى شكل اسطواني وبذلك يعبر عدد الرجات الترددية عن الجهد اللازم لإعادة تشكيل الخرسانة والذي بدوره يعتبر كمقياس لقابلية تشغيل الخرسانة وهذا الجهد يزداد بزيادة جفاف الخليط.

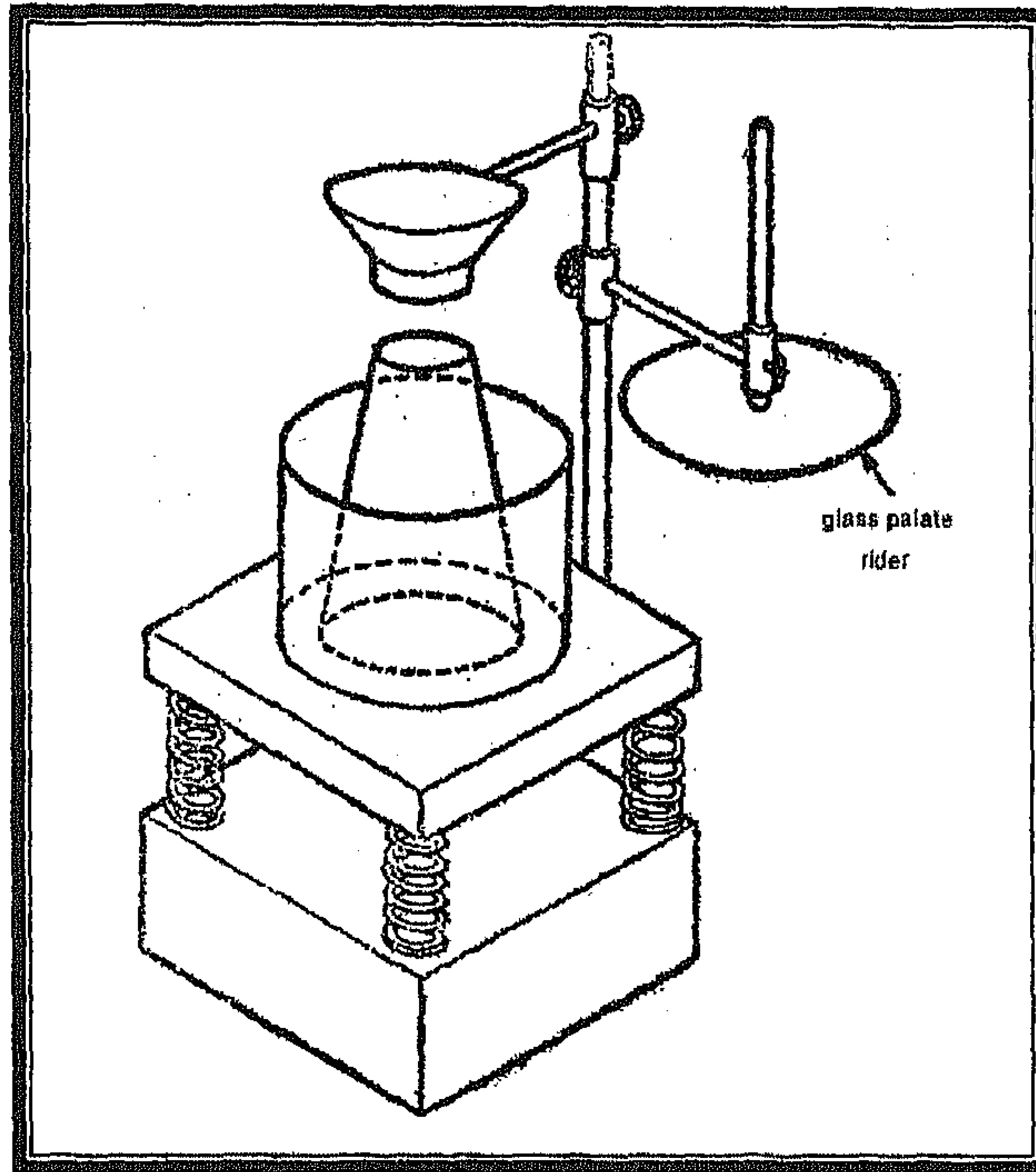


جهاز إعادة التشكيل

3. فحص إعادة التشكيل بالاهتزازات الترددية (اختبار زمن في بي V-B time test):

هذه الطريقة هي تعديل لطريقة إعادة التشكيل المبينة في البند السابق حيث تحذف فيها الحلقة الداخلية وترص الخرسانة بالاهتزازات الترددية بدلا من الرجات الترددية.

يتم الفحص بموجب المواصفات القياسية البريطانية (B.S. 1881.part2.1970). في هذا الفحص يملأ المخروط الناقص بالخرسانة بأربع طبقات تقريبا وكل طبقة تدك بقضيب الرص القياسي 25 مرة موزعة بالتساوي على سطح الخرسانة ثم يسوى سطحه ويرفع مباشرة بعدئذ تعرض الخرسانة للاهتزازات الترددية باستعمال المنضدة الهزازة والتي تهز بسرعة قدرها 3000 دورة/ دقيقة. تقاس قابلية تشغيل الخرسانة بالجهد اللازم لإعادة تشكيلها من مخروط ناقص إلى اسطوانة ويقدر ذلك الجهد بالزمن T ثانية اللازم لإتمام إعادة التشكيل والذي يسمى عامل Vebe. وفي بعض الأحيان يصحح هذا المعامل بسبب تغير حجم الخرسانة من V2 قبل عملية الاهتزاز إلى V1 بعد عملية الاهتزاز وذلك بضربه بالقيمة. وقيمة عامل التصحيح لتغير الحجم غالبا ما تكون صغيرة جدا لذلك فان الزمن T يعتبر كمقياس لقابلية تشغيل الخرسانة. تعتبر هذه الطريقة من الطرق المختبرة الجيدة وخصوصا للخلطات الجافة جدا حيث لا تصلح الطرق الأخرى مثل طريقة عامل الدمك بسبب تضمنها أخطاء نتيجة لميل الخرسانة إلى الالتصاق بالأواني المخروطية المستخدمة في الفحص. إن العلاقة بين زمن Vebe وعامل الرص تكون عكسية.



جهاز V-B time test

3) الانفصال الحبيبي Segregation:

الانفصال الحبيبي هو انفصال مكونات أي خليط غير متجانس (الخرسانة) بحيث يصبح توزيع هذه المكونات غير منتظم والذي ينقسم بدوره إلى نوعين: انفصال حبيبات الركام الكبير (نتيجة كونها أكثر ترسب)، يحدث في الخلطات الجافة أو الفقيرة للاسمنت. انفصال عجينة الاسمنت، ويحدث في الخلطات الأكثر بللا.

ويترتب على ذلك نقص مقاومة الخرسانة عن المقاومة المطلوبة تحقيقها (ويتم معرفة ذلك من خلال اختبار مكعبات الخرسانة والتي لا يحتمل أن تقل مقاومة كسر المكعبات عن المقاومة المطلوبة عن 95٪)

وأيضا يترتب على ذلك حدوث نزيف الخرسانة أو النضح وهو ظهور طبقة من الماء فوق الخرسانة بعد حوالي ساعة من الصب وهذا النزيف يوثر سلبا على الخرسانة حيث عند تصاعد جزيئات المياه يصعد معه حبيبات الاسمنت وبالتالي

يقل محتوي الاسمنت في الخلطة فتقل المقاومة بالإضافة إلى أن هذه الظاهرة تتسبب في زيادة نفاذية الخرسانة للمياه وهو غير مفضل بالإضافة أيضا إلى ترك فجوات في داخل الخرسانة تودي لضعف الخرسانة وأيضا قد تتسبب في صداء حديد التسليح.

انفصال الحبيبات الكبيرة من الركام عن باقي مكونات الخلطة. وذلك نتيجة مرورها على سطح مائل أو لكونها أكثر ترسبا من الحبيبات الصغيرة ويحدث ذلك في الخلطات الفقيرة في الاسمنت ويمكن علاجه بإضافة الماء لتحسين خاصية التماسك.

العوامل المؤثرة والمسببة للانفصال الحبيبي:

هناك عدة أسباب للانفصال الحبيبي وأهم هذه الأسباب:

1. صب الخرسانة من ارتفاع عالي (أقصى ارتفاع يتم الصب منه للأعمدة هو 2.5 متر) إما في حالة القواعد فيتم عمل مجري للخرسانة بحيث تكون ارتفاع الصب بسيط.
2. نقل الخرسانة بطريقة خاطئة (تعرض الخرسانة للاهتزاز المستمر اثناء النقل الأمر الذي يتسبب في ذلك).
3. زيادة المحتوي المائي في الخلطة.
4. زيادة مدة الخلط عن 5 دقائق (طريقة الخلط الصحيحة: وضع الركام مع الاسمنت ويتم الخلطة لمدة حوالي دقيقتين ثم بعد ذلك وضع الماء ويتم استكمال الخلط لمدة لا تتجاوز 3 دقائق). عند زيادة زمن الخلط عن الزمن اللازم والمناسب يحدث انفصال نتيجة القوة الطاردة المركزية لحلة الخلاط، والذي ينتج عنه التصاق الركام الصغير بجدار الحلة وانفصالها عن الركام الكبير.
5. استعمال ركام المقاس الاعتباري الأكبر له غير مناسب (اكبر من المطلوب) فقد يتسبب كبر وزنه إلى سرعة وصوله عن باقي المكونات للخلطة وبالتالي يحدث انفصال حبيبي.
6. الدمك: الدمك الزائد يسبب انفصال حبيبي.

العوامل الواجب مراعاتها لتجنب الانفصال الحبيبي:

1. النقل: في حالة النقل لمسافات قريبة يتم النقل غالبا بعربة اليد ويجب مراعاة عدم تعرض العربة للاهتزاز القوي بسبب الهبوط المفاجئ للأرض مثلا أو الاصطدام بشيء.. وفي حالة المسافات الكبيرة: وغالبا يكون لنقل الخرسانة من محطة خلط مركزية للموقع ومن الأفضل ان يتم الخلط إثناء النقل ولكن لابد عند نقل الخرسانة ألا تزيد الفترة بين الخلط والنقل عن 30 دقيقة وأيضا الحفاظ على الخرسانة من الاهتزازات القوية.
2. منع الصب من ارتفاعات عالية.
3. التصميم الجيد للخلطة وضبط زمن الخلط.
4. استخدام الإضافات التي تقلل المحتوي المائي مع الحفاظ على التشغيلية المناسبة للخرسانة.

4) النضح Bleeding:

يعرف النضح بأنه تكون طبقة من الماء على سطح الخرسانة المصبوبة حديثا بعد دمكها وتسويتها.

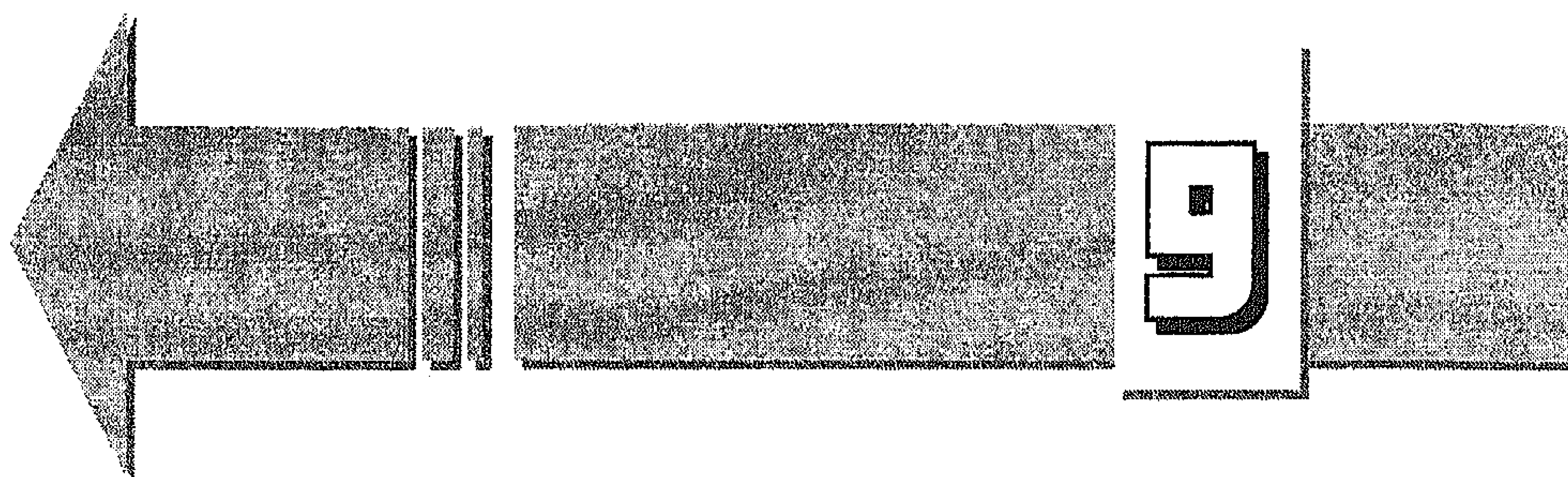
العوامل المؤثرة والمسببة للنضح:

كثرة الدمك (يؤدي إلى هبوط المكونات الثقيلة (الركام) لأسفل وصعود العجينة الإسمنتية لأعلى علاج ظاهرة النضح:

1. استعمال كمية مناسبة من ماء الخلط (عدم استعمال خلطات مبتلة جداً).
2. استعمال كمية مناسبة من المواد الناعمة (خلطات بها نسبة قليلة من المواد الناعمة).
3. استخدام الملدنات لتقليل ماء الخلط.

أضرار عملية النضح:

1. احتواء الطبقة العليا على نسبة عالية من يؤدي إلى وجود فراغات وبالتالي ضعف مقاومة الخرسانة.
2. عند صعود الماء إلى أعلى يؤدي ذلك لسحب جزيئات الاسمنت لأعلى وعند تبخر الماء تتكون طبقة هشة.
3. تراكم طبقات الماء تحت سطح الركام الكبير والحديد مما يؤدي إلى وجود فراغات وبالتالي ضعف قوة التماسك بين الخلطة والحديد.



الوحدة التاسعة

خواص الخرسانة المتصلدة

خواص الخرسانة المتصلدة

الخرسانة المتصلدة هي الخرسانة التي تصلدت واكتسبت مقاومة وتستطيع تحمل الأحمال والاجتهادات الواقعة عليها وتستطيع تحمل الظروف الجوية والكيميائية المحيطة بها. ولهذه الخرسانة بعض الخواص اكتشفت عن طريق سلسلة من الاختبارات سوف نتطرق إليها بالتفصيل، وأهمها ما يلي:

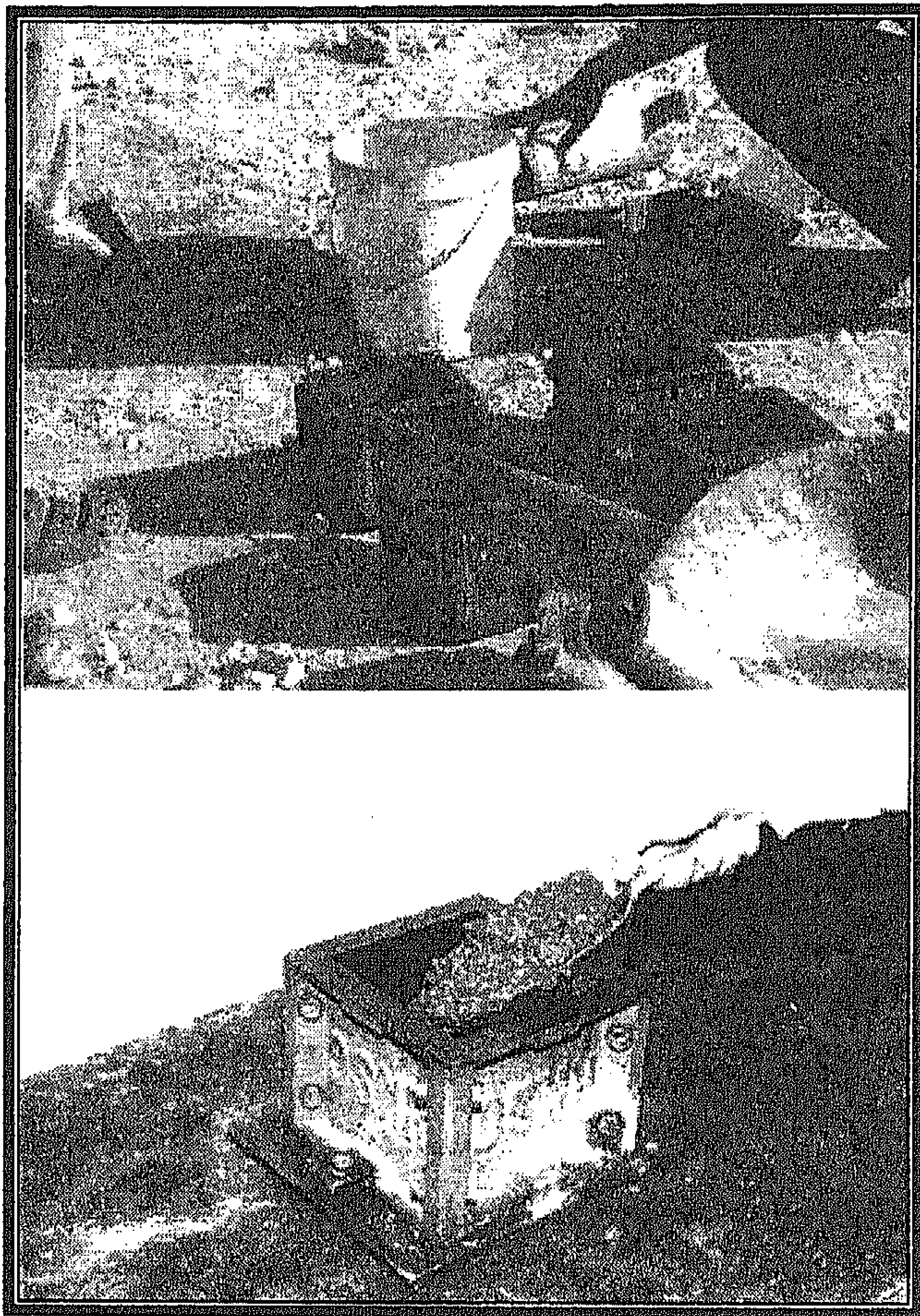
1) مقاومة الضغط Compressive Strength:

يعتبر اختبار الضغط من أهم الاختبارات الإنشائية لما له من حكم على جودة الخرسانة والمنشأ بوجه عام، وتعتبر الخرسانة أساس قوة المنشآت الهندسية الهيكلية. ويجب التأكد من مطابقة قوة الضغط للقيم المطلوبة قبل وأثناء وبعد العمل في المنشأ. و تعد مقاومة الضغط هي أهم خواص الخرسانة المتصلدة على الإطلاق وهي تعبر عن درجة جودتها وصلاحيتها، ومقاومة الضغط هي المقاومة الأم للخرسانة حيث أن معظم الخواص والمقاومات الأخرى مثل الشد والانحناء والقص والتماسك مع حديد التسليح تتحسن وتزيد بزيادة مقاومة الضغط والعكس صحيح. لذلك يجرى اختبار الضغط بغرض التحكم في جودة إنتاج الخرسانة في موقع المشروع كما يستخدم هذا الاختبار في أغراض التصميم الإنشائي لتحديد المقاومة المميزة وإجهاد التشغيل للخرسانة في الضغط الذي يؤخذ كنسبة من المقاومة القصوى للضغط. كما يفيد اختبار الضغط في تحديد صلاحية الركام وماء الخلط للتعرف على تأثير الشوائب التي قد توجد بهما على مقاومة الضغط - للخرسانة. والواقع حالياً أن مقاومة الضغط لخرسانة المنشآت التقليدية تتراوح بين 250 - 350 كجم/سم^2 أما بالنسبة للمنشآت الخاصة والوحدات سابقة التجهيز فمقاومة الضغط تزيد عن ذلك وتصل إلى 500 كجم/سم^2 والوحدات الخرسانية سابقة الإجهاد يجب أن تكون ذات مقاومة للضغط تزيد عن 400 كجم/سم^2 وقد تصل إلى 600 كجم/سم^2.

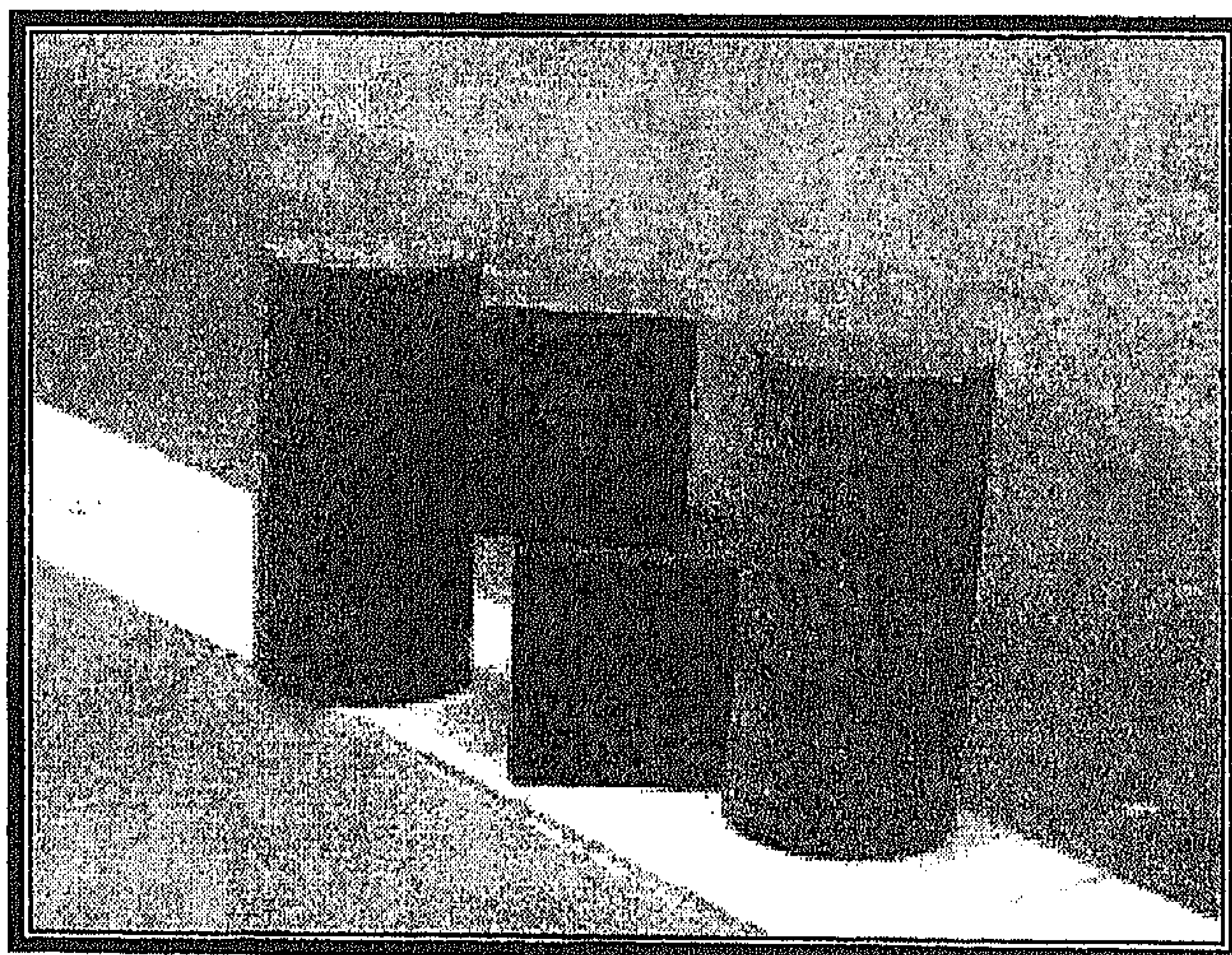
ومعظم المنشات الخرسانية مصممة على اعتبار أن الخرسانة تقاوم اجهادات الضغط فقط ولا تقاوم اجهادات الشد (عدا في حالات نادرة كالخرسانة المستعملة في إنشاء الطرق) لذا ولأغراض التصميم الإنشائي فان مقاومة الضغط هي المعيار في تحديد نوعية الخرسانة.

طريقة الاختبار:

تصب الخرسانة في قوالب على هيئة مكعب طول ضلعه 15.8 سم أو قوالب اسطوانية بقطر 6 أنش وطول 12 أنش. ويجب أن يكون سطح المكعب موازياً لماكينة الاختبار وعمودياً على محورها ومسطحاً. ويجب أن يكون سطح عينة الاختبار أملساً بقدر الإمكان حتى لا يؤثر تقيدهما بالاحتكاك بين سطحي العينة وماكينة الاختبار على النتائج. وعادة ما تغطى القوالب بمادة كبريتية للتخلص من هذه السلبية، وتملأ عينات الاختبار على ثلاث طبقات وتدك كل طبقة. وتختبر العينات عادة بعد 28 يوماً وربما يتطلب الأمر اختبارها بعد 3 أيام أو 7 أيام أو 90 يوماً أو غير ذلك وذلك تبعاً لمتطلبات المنشأ وبعد ملء القالب يترك القالب لمدة 24 ساعة في درجة حرارة 20م ونسبة رطوبة مقدارها 90 ٪ ثم توضع العينة لمعالجتها في درجة حرارة قدرها 20م لحين الاختبار.



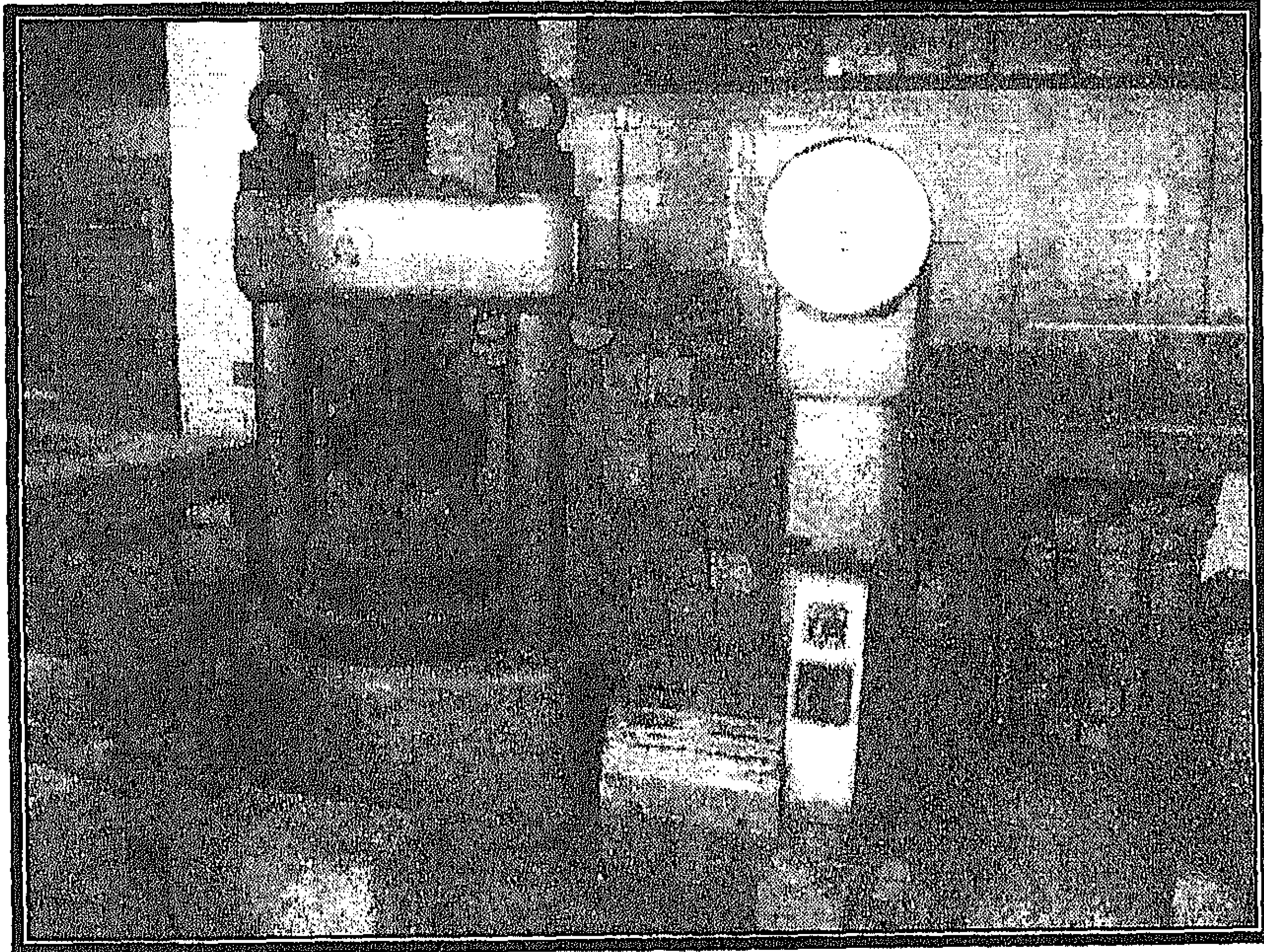
القالب وطريقة وضع العينات



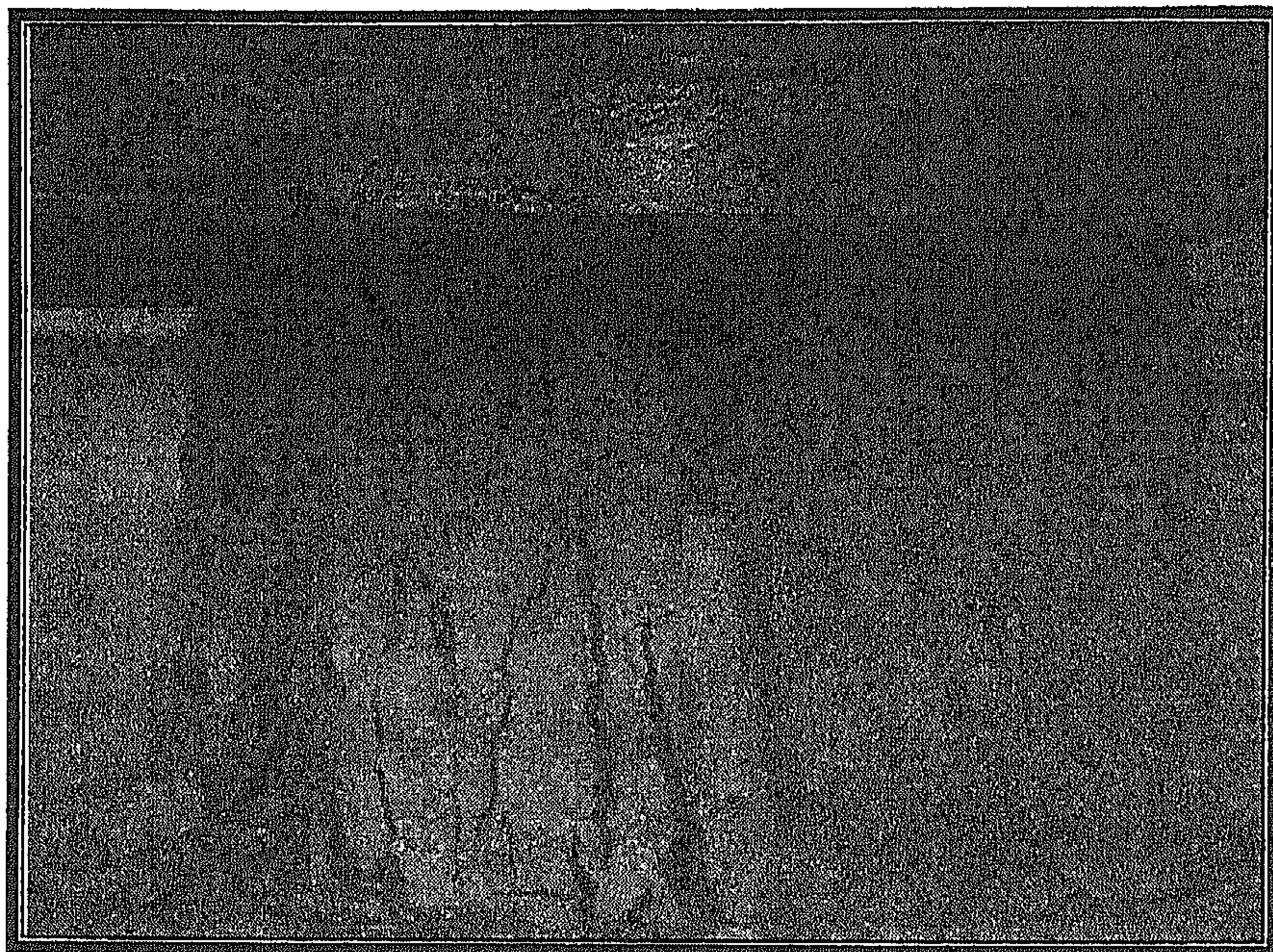
عينات جاهزة للاختبار

المكعبات قبل الحرق:

- يتم تنظيف سطحي لوحي الماكينة وكذلك سطحي تحميل العينة.
- توضع العينة على اللوح السفلى للماكينة مع ضبط المحورية 100/1 من طول ضلع العينة أو قطرها عندما يبدأ التماس بين لوح الماكينة العلوي والعينة يتم ضبط المرتكز الكروي لضمان توزيع منتظم للحمل على سطح تحميل العينة.
- يتم زيادة الحمل بشكل منتظم بمعدل ثابت يتراوح بين 0.4+0.6 نيوتن/مم^{2}/ثانية.
- يستخدم معدل التحميل البطيء لعينات الخرسانة ذات المقاومة المنخفضة بينما يستخدم معدل التحميل السريع لعينات الخرسانة ذات المقاومة المرتفعة.
- عندما تبدأ تشكيلات العينة في التزايد بسرعة قبل أن تنهار تماما يجب أن يوقف القائم على الاختبار أي تعديل في معدل التحميل وأن يترك العينة تتشكل تحت تأثير الحمل دون تغير معدل التحميل.
- يتم زيادة الحمل حتى يحدث الانهيار التام للعينة ويحدد حمل الانهيار.



ماكينة اختبار الضغط



المكعب أثناء تعرضه للضغط

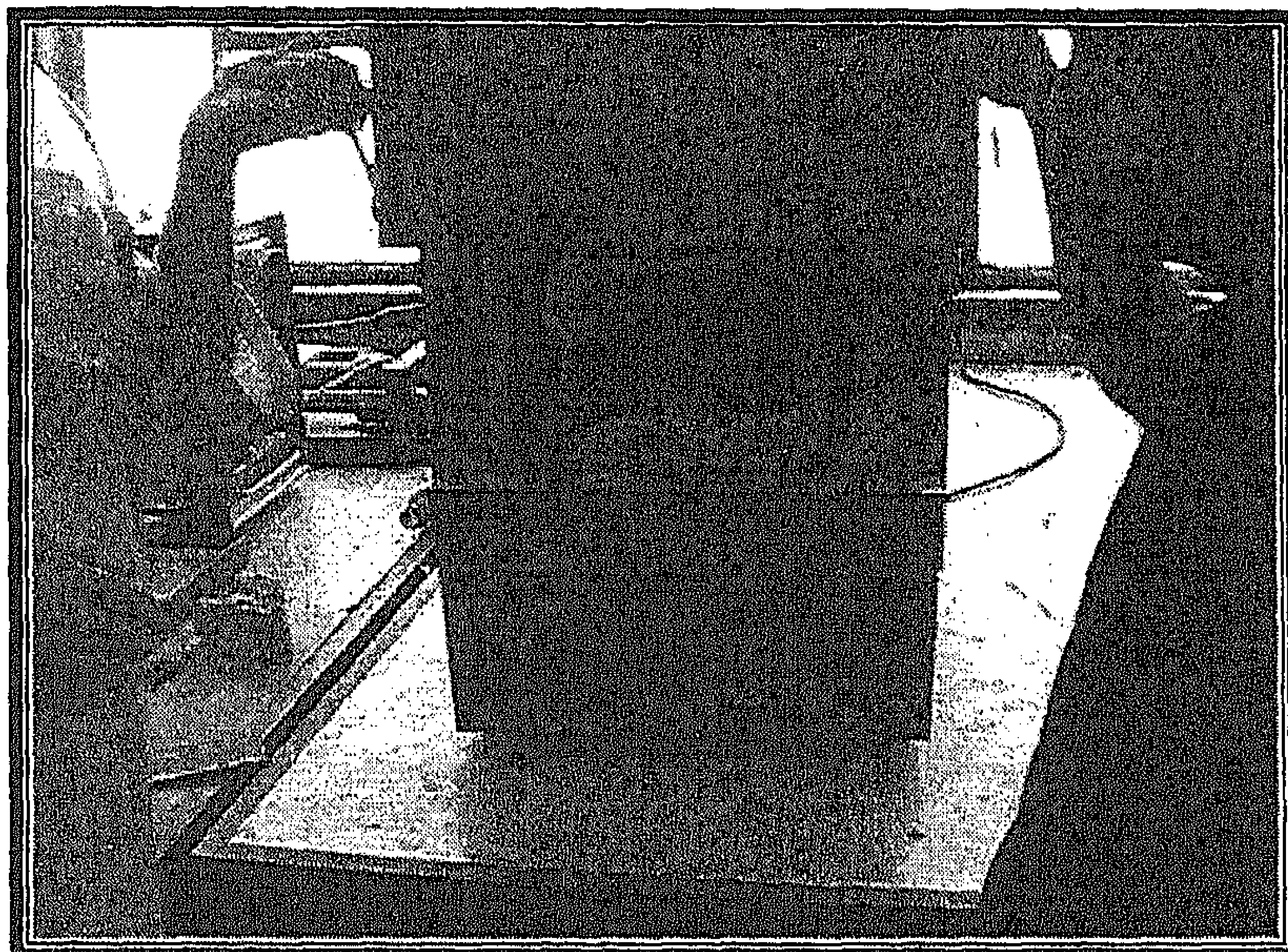
النتائج:

متوسط إجهاد المكعب= 360 كجم/سم^2

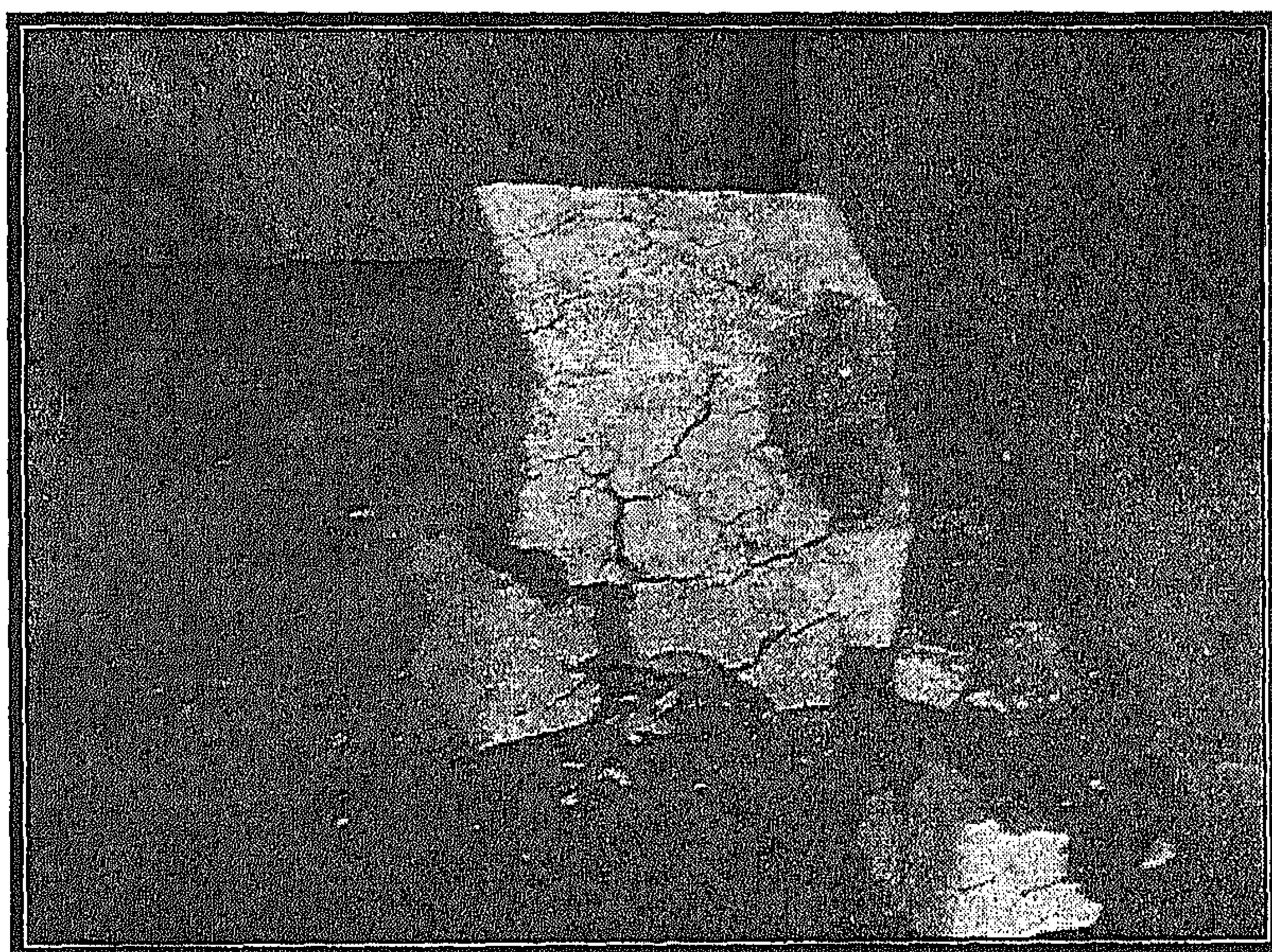
المكعبات بعد الحرق

تم وضع المكعبات في الفرن عند درجات حرارة مختلفة (200.400.600.800).

تعين الضغط للمكعبات المحترقة.



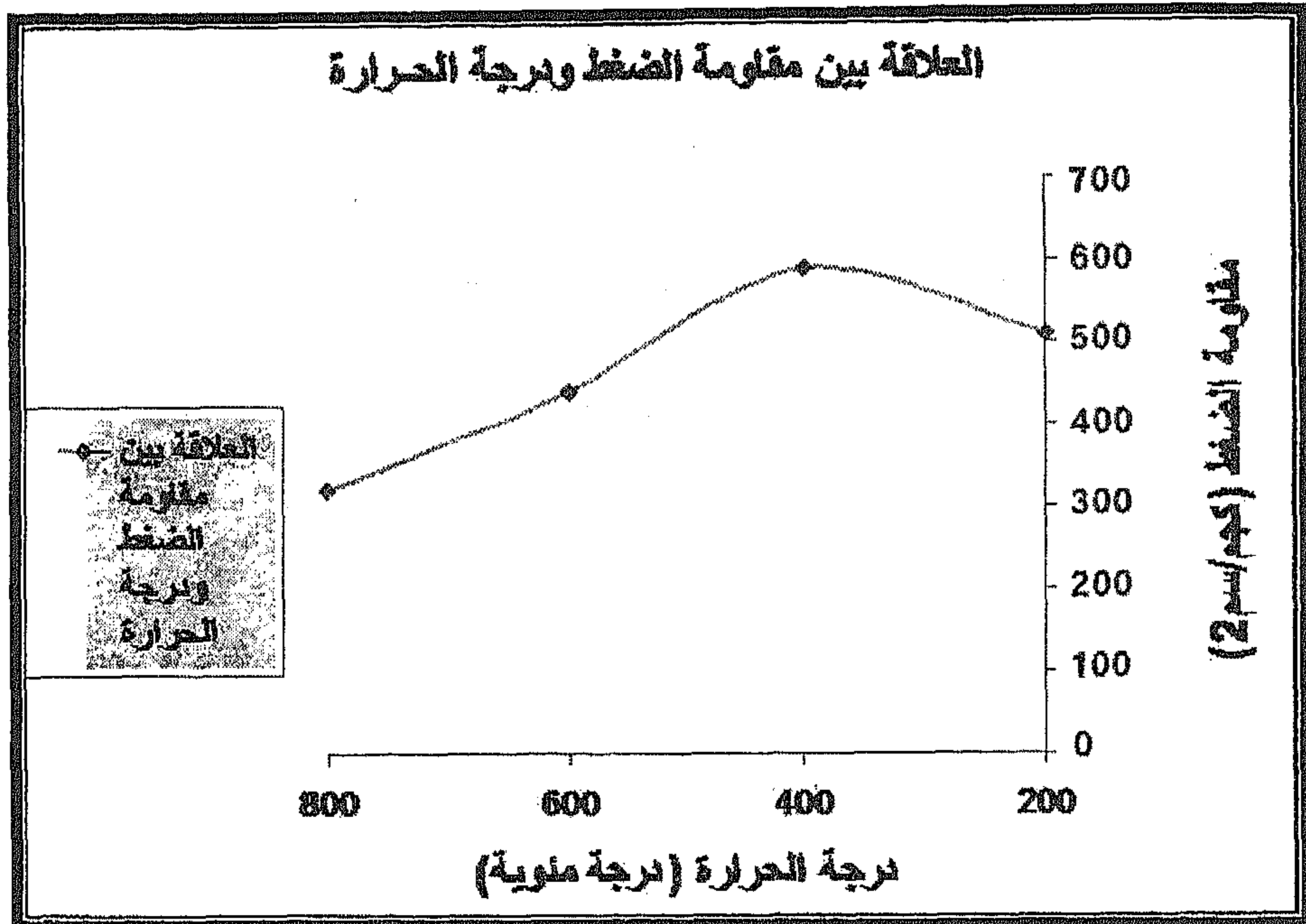
الفرن ووضع العينة فيه



المكعب بعد الحرق وتعرضه للضغط عند درجة 800 م

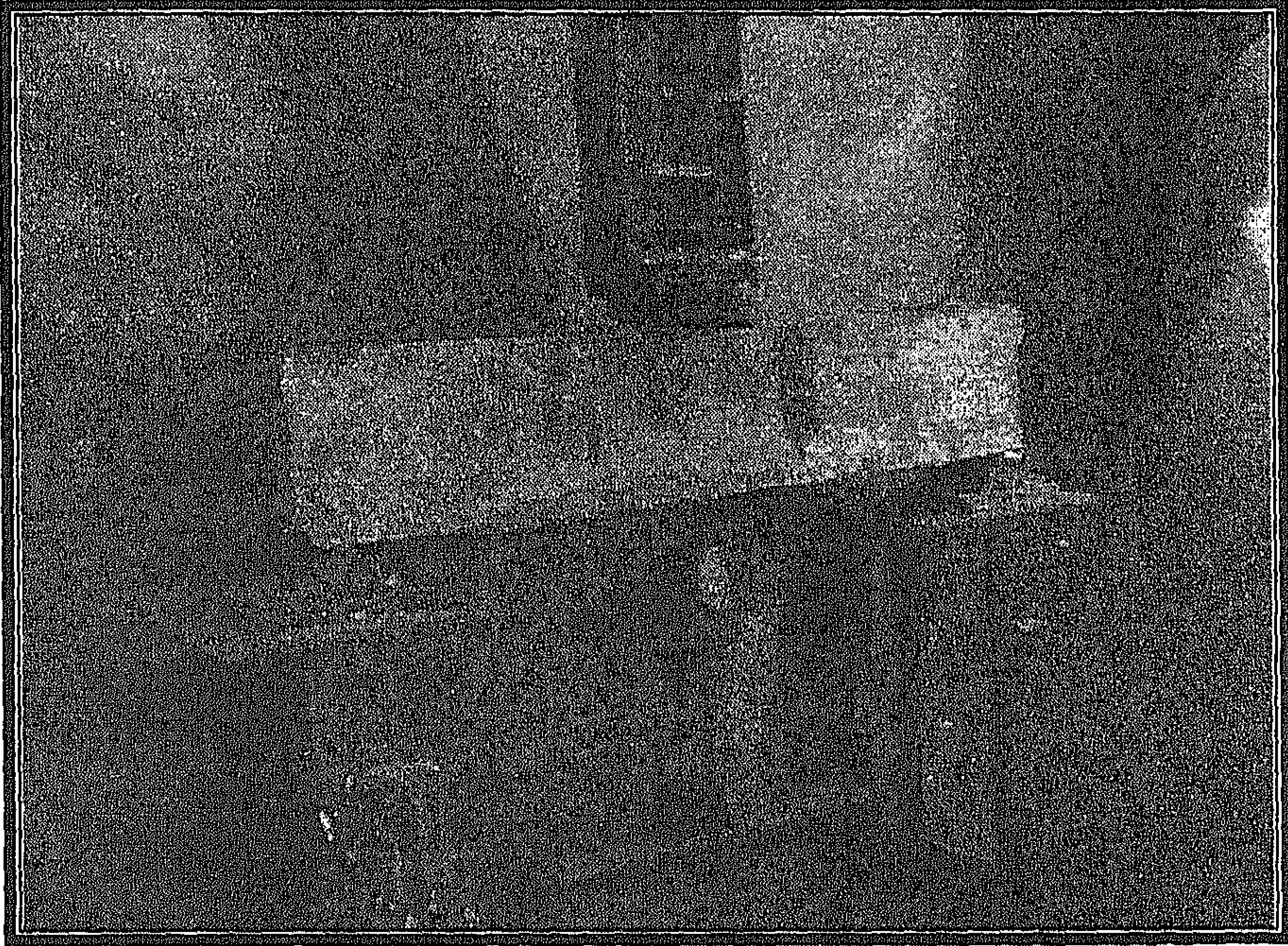
النتائج:

درجة الحرارة	200	400	600	800
مقاومة الضغط	380	440	240	110



اختبار الكمرات بدون حرق:

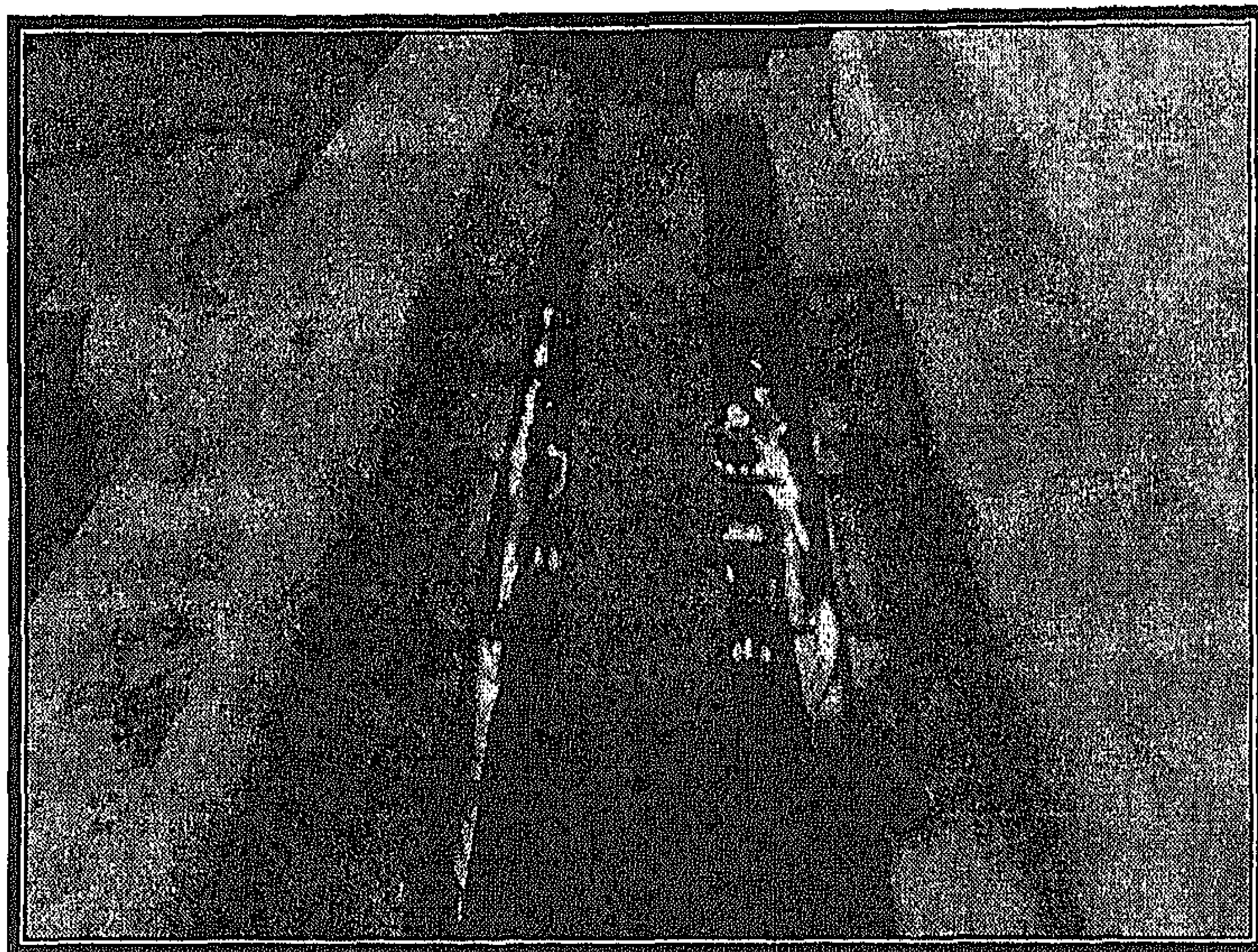
- وضع الكمرات على ماكينة الانحناء.
- تركيب مقاييس الهبوط.
- رصد العلاقة بين الحمل بين الحمل والهبوط.
- وتتبع الشروخ التي تظهر.



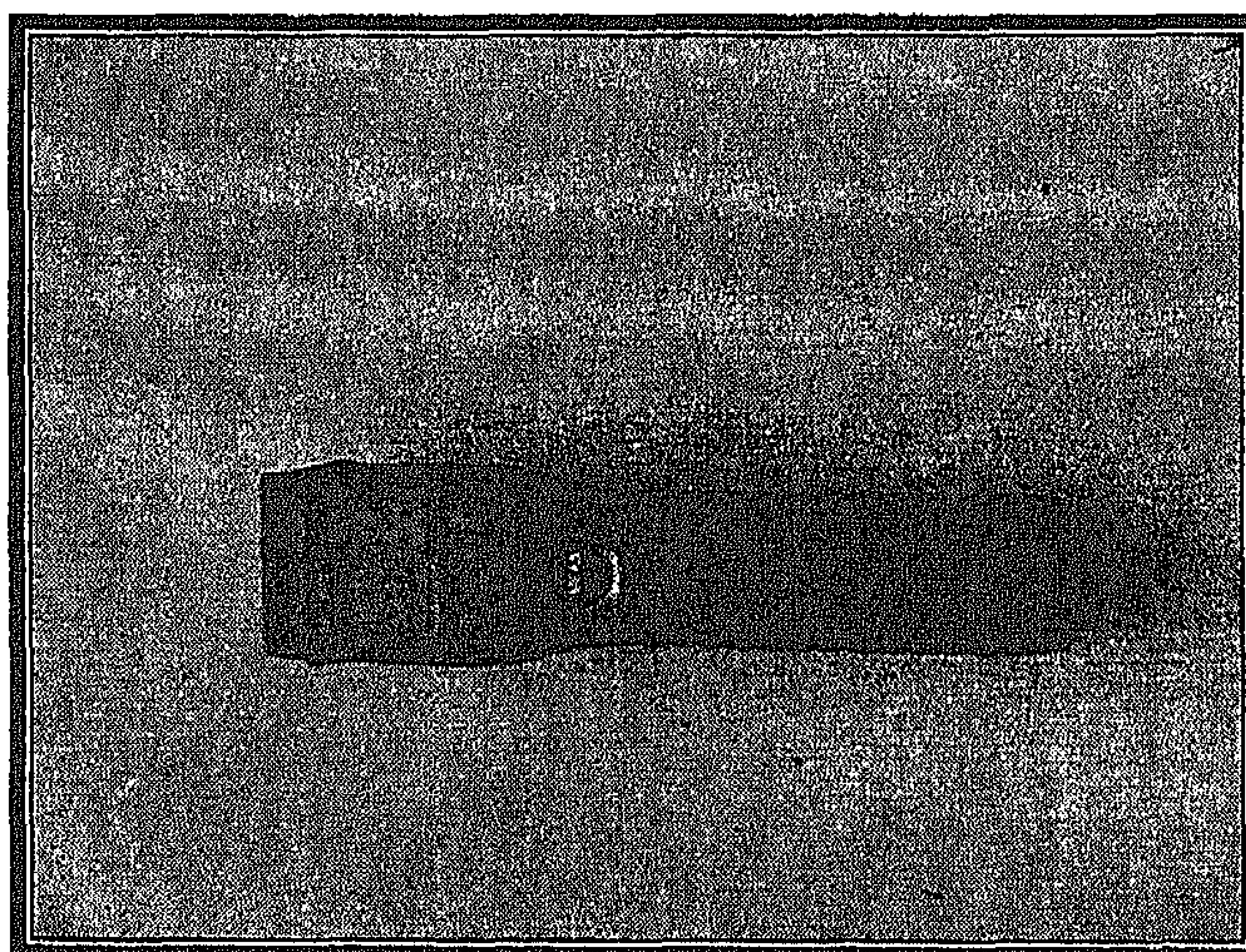
وضع الكمرات على ماكينة الانحناء

اختبار الكمرات بعد الحرق:

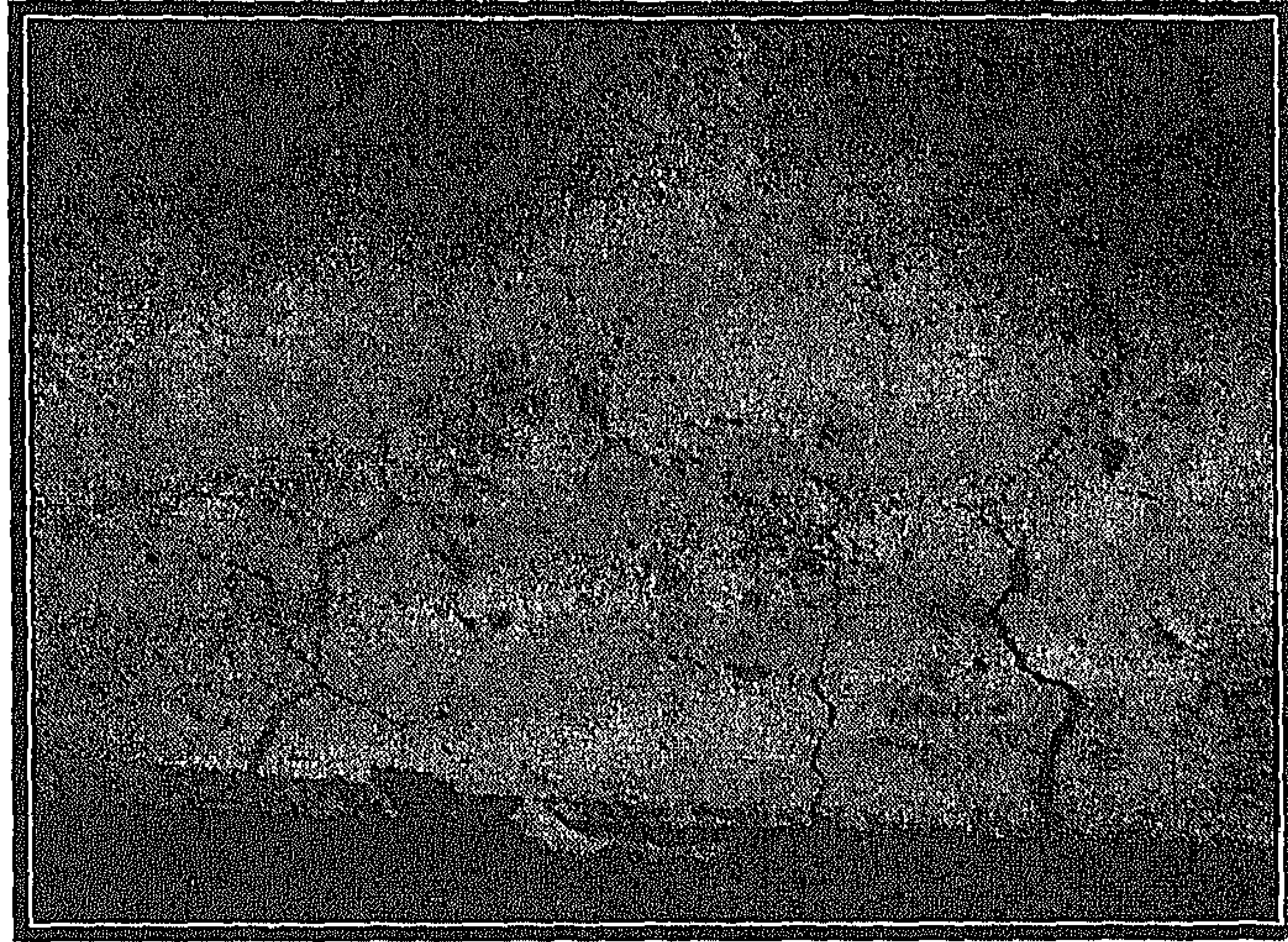
- وضع الكمرات في حوض الحرق.
- إشعال النيران فيها.
- يستمر الحرق حتى 300 درجة وتقاس الحرارة بالإشعاع.
- وضع الكمرات على ماكينة الانحناء.
- تركيب مقاييس الهبوط.
- رصد العلاقة بين الحمل بين الحمل والهبوط.
- وتتبع الشروخ التي تظهر.



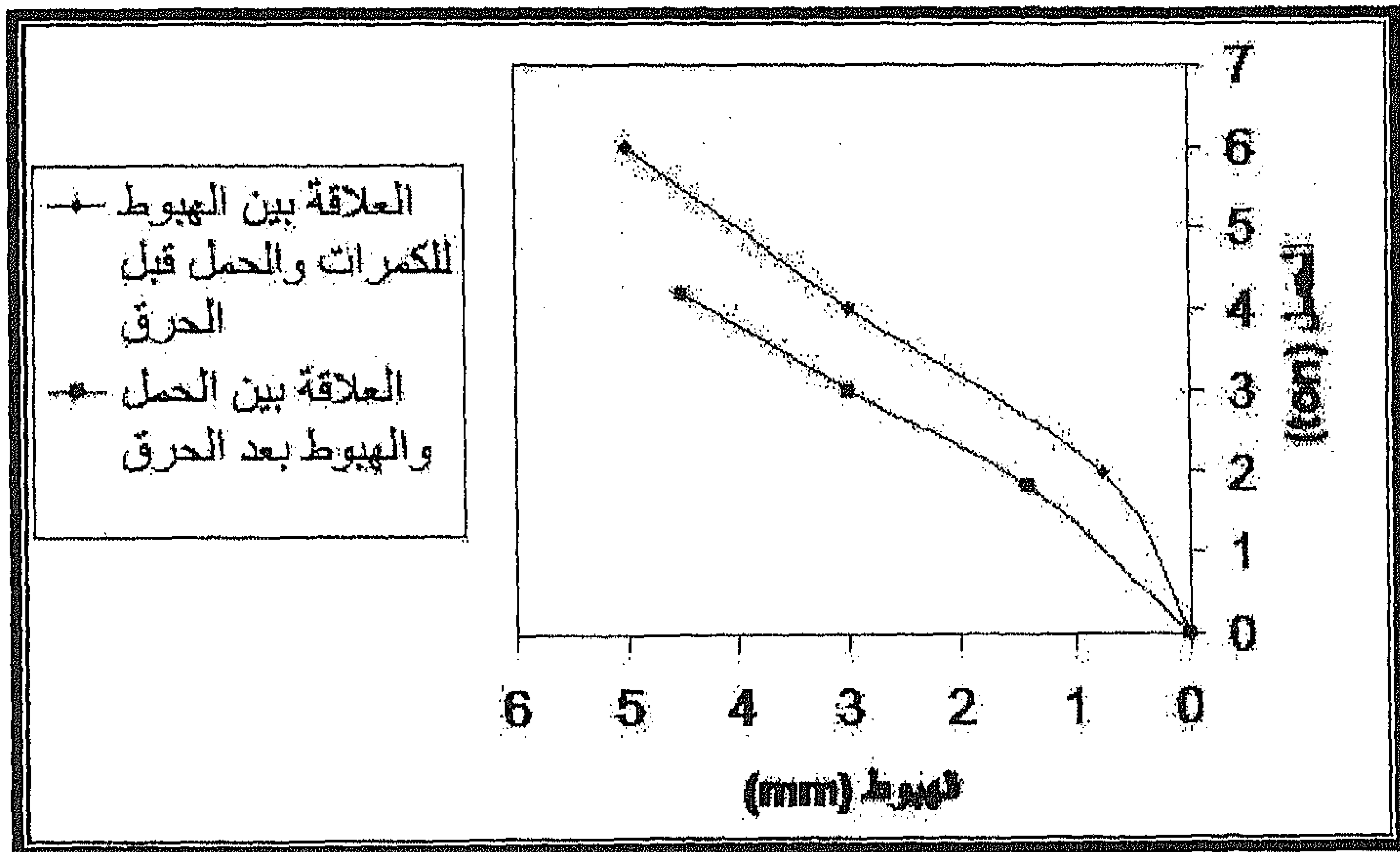
وضع الكمرات على النار للحرق



جهاز قياس الحرارة



الشروخ



وتجدر الإشارة وبصورة اعتيادية تكون المقاومة المستحصلة بهذه الطريقة بمدى 15 – 40 نيوتن/ملم^2 والقيمة المألوفة تكون بحدود30 نيوتن/ملم^2 والتي غالبا ما تستعمل لأغراض المقارنة والمناقشة.

الغرض من تحديد مقاومة الضغط:

1. التحكم في جودة إنتاج الخرسانة في الموقع.

2. تحديد المقاومة المميزة وإجهاد التشغيل للخرسانة في الضغط عند التصميم الإنشائي الذي يؤخذ كنسبة من المقاومة القصوى للضغط.

العوامل المؤثرة على مقاومة الضغط:

1. تتناسب مقاومة الخرسانة تناسبا عكسيا مع نسبة الماء/ الاسمنت عندما تكون الخرسانة مرصوصة كليا.
2. مقاومة الضغط للملاط تتناسب طرديا مع مكعب نسبة الجل/الفراغ مقاومة الضغط للخرسانة = (234) نيوتن/ملم^2.
3. أن تصميم الخلطة الخرسانية في المواصفات المختلفة يبنى على اعتبار إن الركام مشبع وجاف السطح لذا يجب أن يكون الماء بالخليط كافيا لإيصال الركام إلى هذه الحالة إذ يعبر عن الماء الفعال بالخليط بأنه الماء الذي يشغل الفراغ خارج حبيبات الركام في مرحلة استقرار حجم الخرسانة أي تقريبا في وقت التجمد لذا فإنه كلما قلت كمية الماء الفعال في الخلطة الخرسانية بسبب امتصاصه من قبل الركام عن طريق المسامات للوصول إلى الحالة المشبعة الجافة السطح كلما كانت مقاومة الضغط جيدة.
4. إن تأثير الركام الخشن على مقاومة الخرسانة يختلف بالمقدار ويعتمد على نسبة الماء/الاسمنت في الخليط. فعندما تكون النسبة اقل من 0.4 فان استعمال الركام المكسر قد يؤدي إلى زيادة في المقاومة بحوالي 38 ٪ مقارنة باستعمال الحصى. وعند زيادة نسبة الماء/الاسمنت فان تأثير الركام يقل على افتراض إن مقاومة عجينة الاسمنت تصبح العامل المحدد للفشل وعندما تصل النسبة إلى 0.65 لا تكون هناك اختلافات ملحوظة بين مقاومة الخلطات المصنوعة من الحجر المكسر آو الحصى. ويظهر أيضا بان تأثير الركام على مقاومة الانحناء يعتمد على ظروف الرطوبة للخرسانة في وقت الفحص.
5. عندما يكون محتوى الاسمنت في الخلطة قليل بثبوت نسبة الماء/الاسمنت ووجود كمية كبيرة من الركام فان الخليط سيملك مقاومة أعلى. يرجع هذا السلوك إلى امتصاص الركام للماء فالكمية الأكبر من الركام

تمتص مقدارا اكبر من ماء الخلط وبهذا فان نسبة الماء الفعال/الاسمنت ستقل وأيضا فانه بالخليط الفقير بالاسمنت محتوى الماء الكلي لكل متر مكعب من الخرسانة سينخفض مقارنة مع الخليط الغني بالاسمنت وبالنتيجة فان الفراغات في الخليط الفقير بالاسمنت ستشكل جزءا صغيرا من الحجم الكلي للخرسانة فان لهذه الفراغات تأثير عكسي على المقاومة.

6. تزداد مقاومة الضغط للخرسانة بزيادة عمر الخرسانة وذلك لزيادة تفاعلات الاماهة بين الاسمنت والماء وبالتالي زيادة كمية الجل في عجينة الاسمنت .لقد أشارت الفحوصات المختبرة للخرسانة المصنوعة من الاسمنت البورتلاندي إلى إن نسبة المقاومة بعمر 28 يوم غالى تلك بعمر 7 أيام تقع بصورة عامة بين 1.3 – 1.7.
7. تزداد المقاومة المبكرة للخرسانة عند زيادة درجة الحرارة خلال معالجة الخرسانة.

2) فحص مقاومة الانحناء للخرسانة:

إن أكثر المنشات الخرسانية الاعتيادية عرضة للانثناء هي بلاطات الطرق ومدارج المطارات لان شد الانحناء في هذه الحالات يكون عاملا حرجا. يعبر عن مقاومة الانحناء (بمعامل التصدع) حيث يمثل الحد الأقصى لاجهادات الشد للألياف الموجودة في الطرف السفلي لنموذج الفحص والذي يكون بهيئة عتبة ذات أبعاد قياسية معرضة للانحناء. هناك طريقتان لفحص مقاومة الانحناء في الخرسانة. في الأسلوب الأول تستعمل نقطة وسطية تعطي عزم انحناء موزعا بشكل مثلث ويحصل الإجهاد الأقصى في مقطع واحد فقط من العتبة. إما في الأسلوب الثاني فتستعمل نقطتين متناظرتين على طول العتبة حيث يحصل عزم انحناء ثابت بينهما. بما أن الخرسانة تتكون من أجزاء بمقاومات مختلفة فمن المتوقع أن يشير معامل التصدع لفحص نقطتي الثقل إلى قيمة اقل من تلك المستحصلة بتأثير نقطة الثقل الوسطية علما بان أسلوب نقطة الثقل الوسطية أهمل كفحص قياسي في المواصفات العالمية.

إن فحص نقطتي التحميل مبين في المواصفات القياسية البريطانية (B.S.1881:1970) لعتبة ذات مقاس 150× 150× 750 ملم مرتكزة على مسافة امتداد تساوي 600 ملم عندما لا يتجاوز المقاس الأقصى للركام 25 ملم فمن الممكن استعمال عتبة بمقاس 100 × 100 × 500 ملم ومسافة امتداد 400 ملم (16 أنج). تشير المواصفات البريطانية والأمريكية إلى انه في حالة وقوع التصدع خلال الثلث الوسطي للعتبة يمكن احتساب معامل التصدع من الاعتبارات النظرية المرنة الاعتيادية ويكون مساويا لكل من القيم التالية:

P = الحد الأقصى للثقل الكلي المسلط على العتبة.

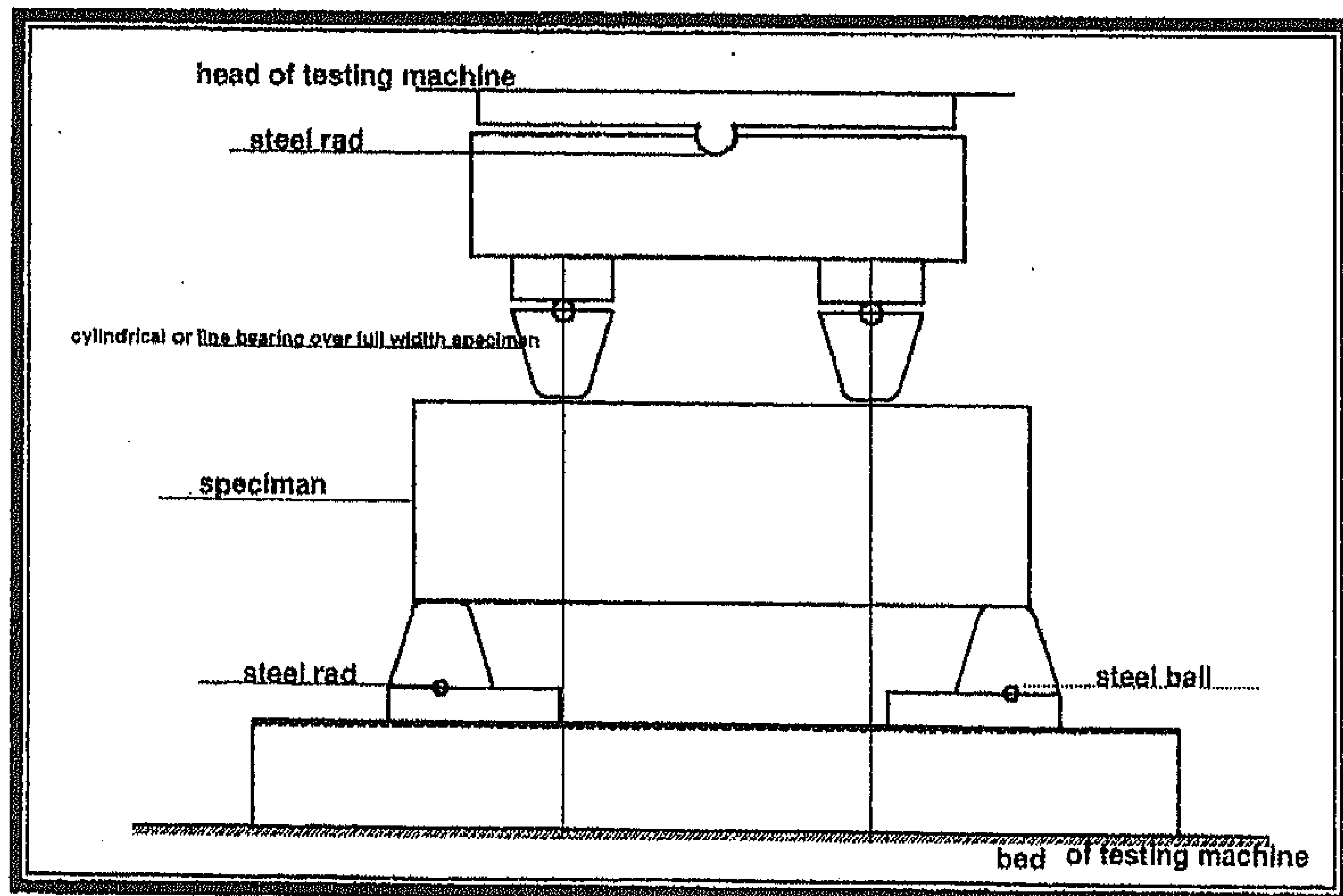
L = مسافة الامتداد.

b = عرض العتبة.

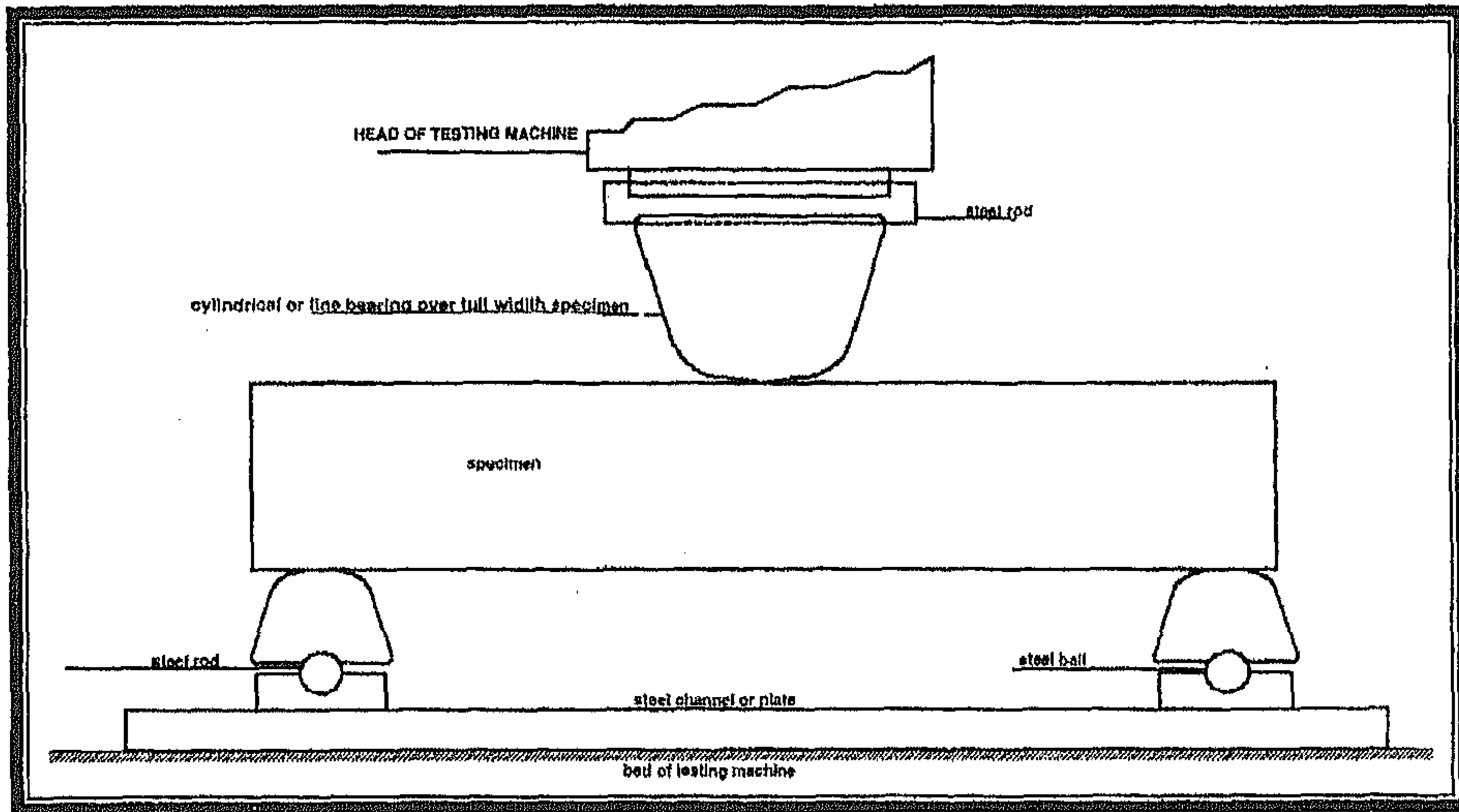
d = عمق العتبة.

ولكن في حالة حدوث التصدع خارج نقاط التحميل على سبيل المثال عندما يكون على بعد a من المسند القريب على معامل التصدع يحتسب من المعادلة التالية:

مما يشير إلى انه في الحسابات يستعمل الإجهاد الأقصى في المقطع الحرج وليس الإجهاد الأقصى على العتبة. كما وان المواصفات أعلاه تشير إلى ضرورة إهمال الفحص عند حصول فشل في المقطع بحيث إن $> 500\ L$.



الجهاز المستخدم في اختبار الانحناء في التحميل بنقطتين



الجهاز المستخدم في اختبار الانحناء في نقطة واحدة

عندما تتعرض كمرة خراسانية للانحناء فإنه يمكن حساب مقاومة الانحناء (التي تعتبر أيضاً مقياساً لمقاومة الشد غير المباشر) وتسمى معاير الكسر في الانحناء وتتراوح قيم اجهادات معاير الكسر في الانحناء بين 12٪ - 20٪ من مقاومة الضغط. وبالتالي فإن مقاومة الانحناء تزيد عن مقاومة الشد للخرسانة بنسبة من 60 إلى 100٪. وعموماً تؤخذ مقاومة الشد للخرسانة مساوية لـ 60٪ من قيمة مقاومة الانحناء. ومن ذلك يتضح أن مقاومة الانحناء تزيد عن مقاومة الشد بحوالي 40٪. ويجرى اختبار الانحناء لتعيين مقاومة الخرسانة المتصلدة للانحناء ودراسة سلوك الكمرات الخرسانية عند تعرضها لأحمال انحناء وكذلك شكل الكسر الناتج عن انهيار هذه الكمرات.

3) مقاومة الشد:

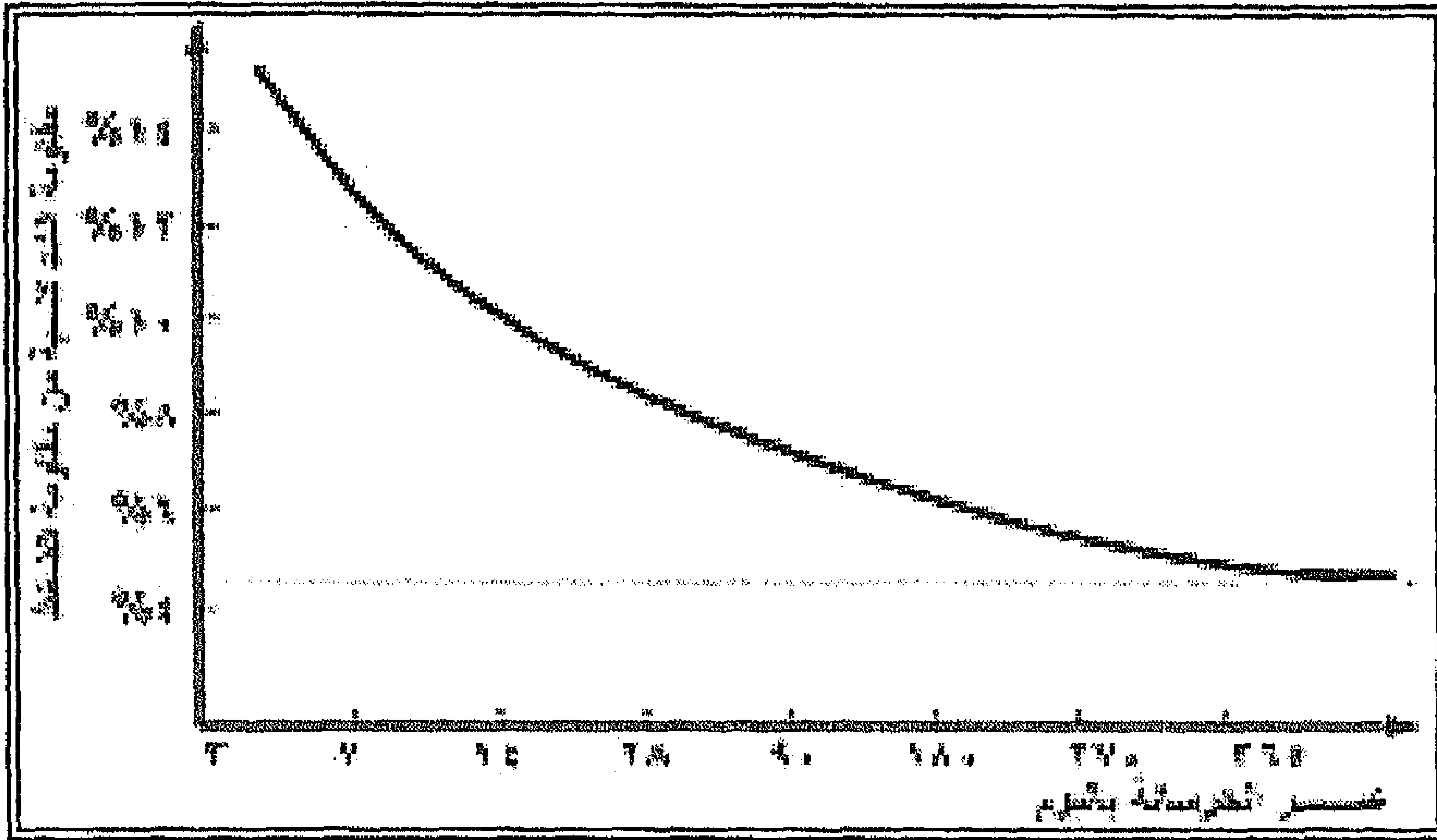
هي مقياس لمقدار الإجهاد الذي تتعرض له المادة عند وصولها لنقطة الانهيار، التي عندها تتحطم أو تفقد تماسكها، أي هي أقصى إجهاد يمكن للمادة تحمله بدون أن تنهار. ومقاومة الشد هي خاصية غير مقدارية، أي لا تتغير بتغير مقدار المادة التي يتم اختبارها، ولكنها تتوقف على إعداد عينة الاختبار ودرجة الحرارة في الوسط الذي يجرى فيه الاختبار. وهذه الخاصية هي أحد أهم المقاييس

في مجال الإنشاء وفي مجالات الهندسة عموما، وغالبا ما تستخدم بالنسبة لمواد في صورة حبال أو أسلاك أو قضبان إنشائية.

وتسمى أيضا مقاومة الشد القصوى (UTS) (Ultimate Tensile Strength) ويرمز لها بـ σUTS أو Rm، وهي من خواص الشد وهي أعلى قيمة للإجهاد (الإجهاد الهندسي) في منحنى الإجهاد والانفعال وتساوى أعلى حمل شد تحملته العينة أثناء اختبار الشد مقسوما على مساحة المقطع الأولية. وتقاس مقاومة الشد بـ كجم/مم^2 أو نيوتن/مم^2 = (مليون بسكال) أو رطل/بوصة^2 أو كيلو رطل/بوصة^2. Rm=Pmax/A0 مقاومة الشد هي القيمة في معظم الأحيان التي تنقل عن نتائج اختبار الشد، وهي مفيدة لأغراض المواصفات ومراقبة جودة المنتجات. وهناك ارتباطات تجريبية متبادلة واسعة النطاق بين مقاومة الشد وخصائص مثل الصلادة ومقاومة الكلال غالبا ما تكون مفيدة للغاية. بالنسبة للمواد القصيفة فمقاومة الشد هي معيار سليم للتصميم.

تتحمل الخرسانة العادية المتصلدة مقاومة الضغط بدرجة كبيرة ولذلك يجرى تصميم الخرسانة باعتبارها تقاوم اجهادات الضغط أساساً أما بالنسبة لمقاومتها لقوى الشد (سواء المباشر أو غير المباشر) فإنها تعتبر ضعيفة المقاومة للشد إذا ما قورنت بمقاومتها للضغط ويرجع هذا لكونها مادة قصفة ومع ذلك أهتم الباحثون بمقاومة الشد في الخرسانة لأن حدوث معظم التشققات والشروخ فيها ناتج عن صغر مقاومتها للشد. ومقاومة الشد في الخرسانة تتراوح ما بين 7٪ إلى 14٪ من مقاومتها للضغط أي بنسبة متوسطة قدرها 10٪ وتختلف هذه النسبة تبعاً لعمر الخرسانة. كذلك تعتمد هذه النسبة على رتبة الخرسانة.

ويلاحظ أنه كلما زادت مقاومة الخرسانة للضغط كلما قلت الزيادة النسبية لمقاومة الشد إلى أن تصل مقاومة الضغط إلى حوالي 800 كجم/سم^2 عندها تصل مقاومة الشد إلى أقصى قيمة لها والتي تتراوح من 60 إلى 70 كجم/سم^2.



زمن المفيد أن نعلم أنه تستعمل عادة فحوصات غير مباشرة لقياس مقاومة الشد كفحص شد الانشطار والذي استعمل بصورة عامة مؤخرا وحدد في المواصفات القياسية الأمريكية (ASTM C496-71). تستعمل في هذا الفحص نماذج اسطوانية ذات إبعاد قياسية 150× 300 ملم تحضر وتعالج بنفس الطريقة المستعملة لنماذج مقاومة الانضغاط. توضع الاسطوانة تحت تأثير قوة انضغاط باتجاهين متعاكسين وقطريين ومؤثرين من خلال شريحة التحميل المتكونة من خشب رقائقي على طول خطين محوريين حيث يقوم مسند الخشب الرقائقي بتوزيع قوة الانضغاط على عرض قليل والذي يكفي لتجنب تركيز غير مقبول للإجهاد وكذلك يعوض عن أي عدم انتظام في السطح وينتج عن قوة الانضغاط هذه إجهاد شد عرضي والذي يكون بصورة عملية ثابتا على طول القطر العمودي. فإذا كانت مقاومة الانضغاط تمثل ثلاثة أضعاف مقاومة الشد على الأقل وكما هي الحال في مادة الخرسانة فان الفشل سيكون في الشد على طول القطر العمودي للمقطع العرضي وتحسب مقاومة شد الانشطار باستعمال المعادلات والمشتقة من نظرية المواد اللدنة:

σ = مقاومة شد الانشطار.

P = الحد الأقصى للقوة المسلطة.

d = قطر الاسطوانة.

L = طول الاسطوانة.

إن مقاومة الشد المحسوبة بهذه الطريقة تكون حوالي 15 بالمائة أكثر من تلك المقدرة بطريقة فحص الشد المباشر وكذلك تمثل حوالي 50 – 75 ٪ من مقاومة الانثناء علما بان نسبة مقاومة الشد غالى مقاومة الانحناء تكون عالية نسبيا في الخرسانة ذات المقاومة العالية.

4) مقاومة القص:

قوى القص المباشرة هي قوتين متساويتين ومتوازيتين تؤثران على مستويين على مسافة صغيرة جداً من بعضهما. تكون دائما مصحوبة بعزم انحناء أي بإجهادات شد وضغط لذلك فمن النادر إجراء اختبار مقاومة القص المباشر للخرسانة وخصوصاً أنه في استعمالات الخرسانة نادراً ما تتعرض للقص الخالص وانما تتعرض للقص المصحوب بانحناء. ولقد وجد أن مقاومة القص في الخرسانة أكبر من مقاومتها للشد بحوالي 20 إلى 30٪ أي أنها حوالي 10 إلى 12٪ من مقاومة الضغط.

5) مقاومة التماسك:

هي مقاومة الخرسانة لانزلاق أسياخ التسليح الموجودة بداخلها العوامل المؤثرة على تماسك بين الحديد والخرسانة هي كالآتي:

1. كمية الاسمنت:

تزداد مقاومة التماسك بين الخرسانة وحديد التسليح كلما زادت كمية الاسمنت على شرط ألا يكون قوام الخلطة جافاً (وذلك لسبب زيادة الضغط على سيخ الحديد نتيجة التمدد والانكماش للخرسانة).

وتتحسن عامل التماسك بينهما في حال زيادة كمية اكبر من الاسمنت مع تدرج منتظم يحتوي رمل أكثر بنسبة رمل ناعم 55 إلى رمل خشن 45 وذلك لإحاطة السيخ بالخرسانة بالكامل.

2. وجد أن الخرسانة ذات القوام المتوسط اللدن أي التي تكون ذات هطول بين (8 إلى 12) سم تعطي اكبر مقاومة للتماسك:

بسبب تجانس الخلطة وعليه يوصي دائماً بان تكون درجة القوام لدنة للتأكد من أنها تحيط بحديد التسليح بالكامل وحتى لو أدى ذلك على حساب مقاومة الضغط للخرسانة.

3. تأثير عمر الخرسانة على مقاومة التماسك:

اختبرت عينات على الشد للفترات (1-2-3-4-5-7-14-21-28) يوما، وعينات أخرى على الالتواء لفترات (1-2-3-5-7) يوما ووجد الآتي:

- معدل زيادة مقاومة التماسك أسرع من معدل زيادة الخرسانة.
- تتوقف مقاومة التماسك على مساحة التلامس بين الحديد التسليح والخرسانة.

4. تأثير مقاومة الخرسانة على التماسك:

وجد بان العلاقة تتناسب طردياً بين مقاومة التماسك ومقاومة الضغط للخرسانة، بمعنى كلما زادت مقاومة الضغط للخرسانة كلما زادت النسبة بين مقاومة التماسك ومقاومة الضغط.

6) معاير المرونة:

هو التغير في الإجهاد بالنسبة للتغير في الانفعال المرن وهو يعبر عن صلابة المادة أي (مقاومة التشكل).

ويمكن التعبير عن معاير المرونة بأحد الصور الآتية:

- معاير التماس الابتدائي Intial Tangent Modulus
- معاير التماس Tangent Modulus
- معاير القاطع Secant Modulus
- معاير الوتر Chord Modulus

العوامل المؤثرة على معاير المرونة:

أ. معاير مرونة الركام.

ب. كثافة الخرسانة.

ج. العوامل المؤثرة على مقاومة الضغط.

(المواد المكونة ونسب الخلط – م/س – طرق الصناعة – المعالجة – عمر الخرسانة)

$$Ec = 14000 \sqrt{Fcu}$$

$$Ec = 0.136 (\gamma)1\text{-}5 \sqrt{Fcu}$$

د. طرق تعين معير المرونة.

ه. اختبار معاير المرونة.

قياس معاير المرونة للخرسانة:

وتعتبر الاختبار غير المتلفة من أهم الاختبارات التي تساعد المهندس الإنشائي في كتابة تقرير هندسي عن حالة مبنى قائم.

أسباب اللجوء لهذه الاختبارات:

1. في حالة عدم إجراء اختبارات مقاومة الضغط للخرسانة.
2. عند وجود مشكلة بالمنشأ مثل ظهور شروخ وتصدعات.
3. عدم التزام المقاول ببعض التعليمات مثل فك الشدات المبكر والصب دون إشراف هندسي.
4. عدم قيام المقاول بإتمام أعمال المعالجة للخرسانة.

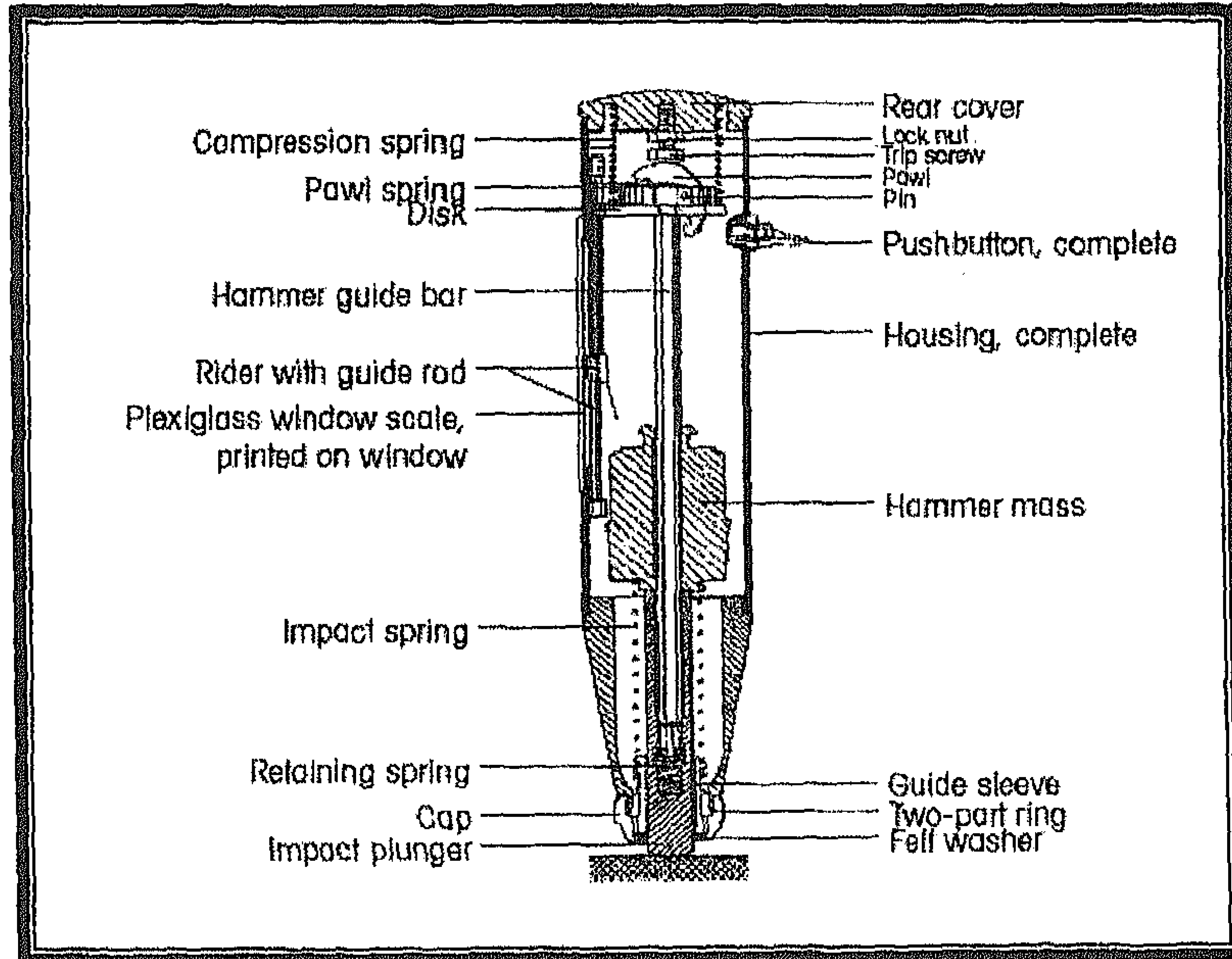
5. عند الشك في نوع الأسمنت المستخدم.
6. ورود نتائج اختبارات مقاومة الضغط غير مطابقة للمقاومة المطلوبة وقد يكون ذلك نتيجة ضعف الخرسانة أو نتيجة لعدم الاهتمام بعمل المكعبات الخرسانية أو نتيجة أسباب أخرى.

أهم الأجهزة الشائعة الاستعمال في مجال اختبارات الخرسانة:

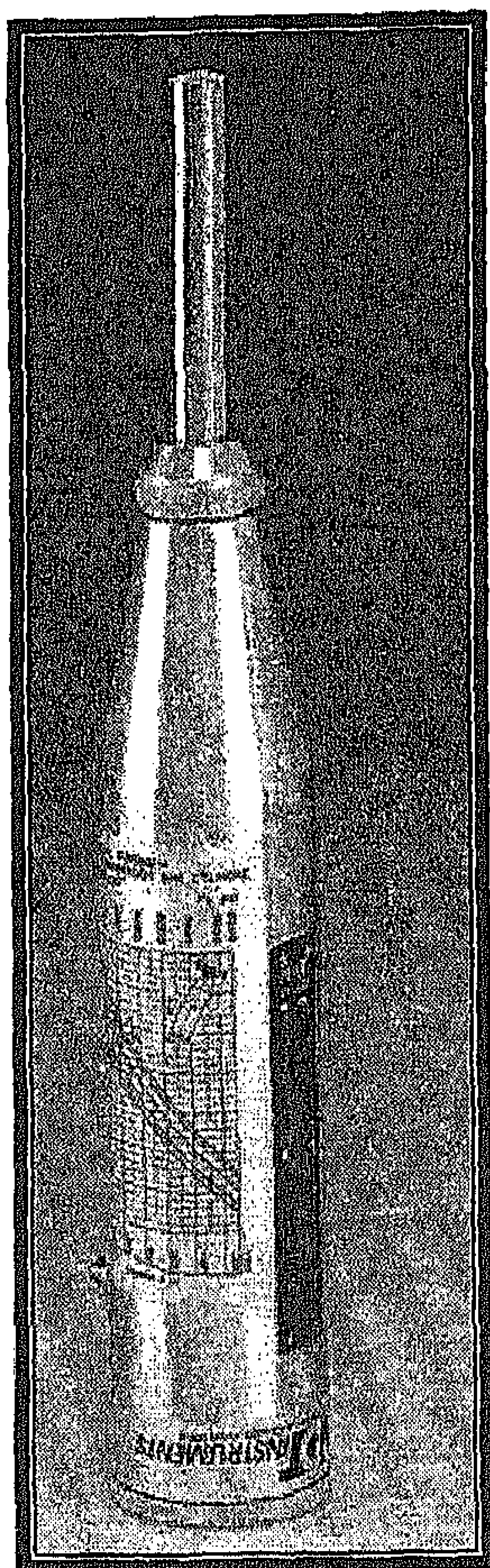
1. مطرقة شميدت Schmidt Hammer.
2. قياس سرعة النبضات Ultrasonic plus velocity.
3. القلب الخرساني (نصف متلف) Core Test.
4. اختبار التحميل للعناصر الإنشائية Load Test.

(مطرقة شميدت Schmid Hammer):

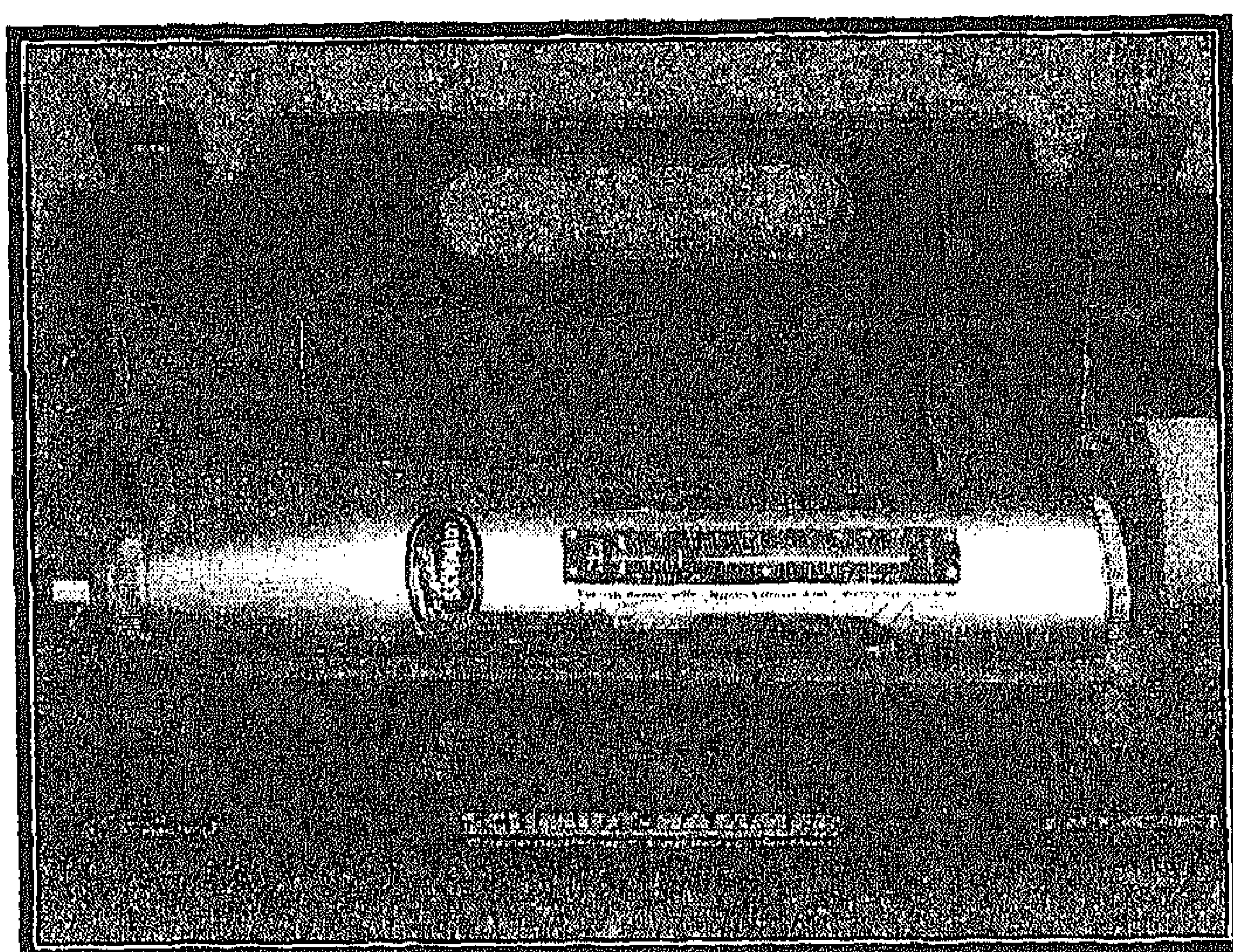
تستخدم مطرقة شميدت لتعيين رقم الارتداد Rebound Number حيث يعتمد عمل الجهاز على النظرية التي تنص على أن قوة ارتداد كتلة مرنة يعتمد على قوة السطح الذي تصطدم به. ويستخدم رقم الارتداد هذا في الاسترشاد عن القيمة التقريبية لمقاومة الضغط للخرسانة.



أجزاء الجهاز



صورة الجهاز



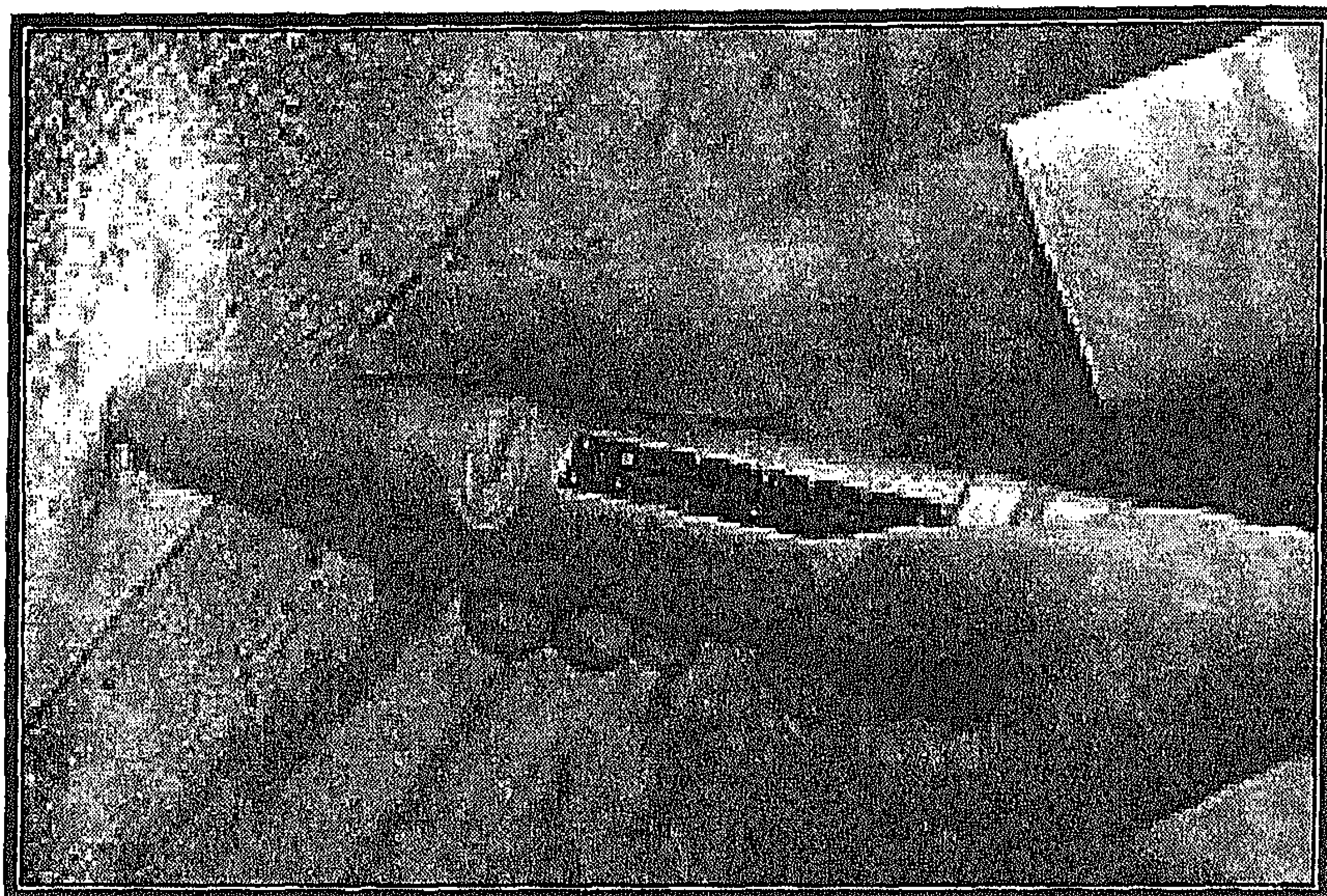
مميزات مطرقة شميدت:

1. جهاز صغير الحجم يمكن استعماله في المواقع وحمله في اليد.
2. يعطي نتائج سريعة لمقاومة الضغط وسهل الاستعمال.
3. لا يسبب تلف للخرسانة.
4. جهاز لا يتطلب احتياطات معقدة.
5. أرخص الأجهزة المستخدمة لهذا الغرض.
6. يتحمل العمل الشاق في جو التنفيذ مقارنة بالأجهزة الأخرى.
7. سهولة معايرته من وقت لآخر.

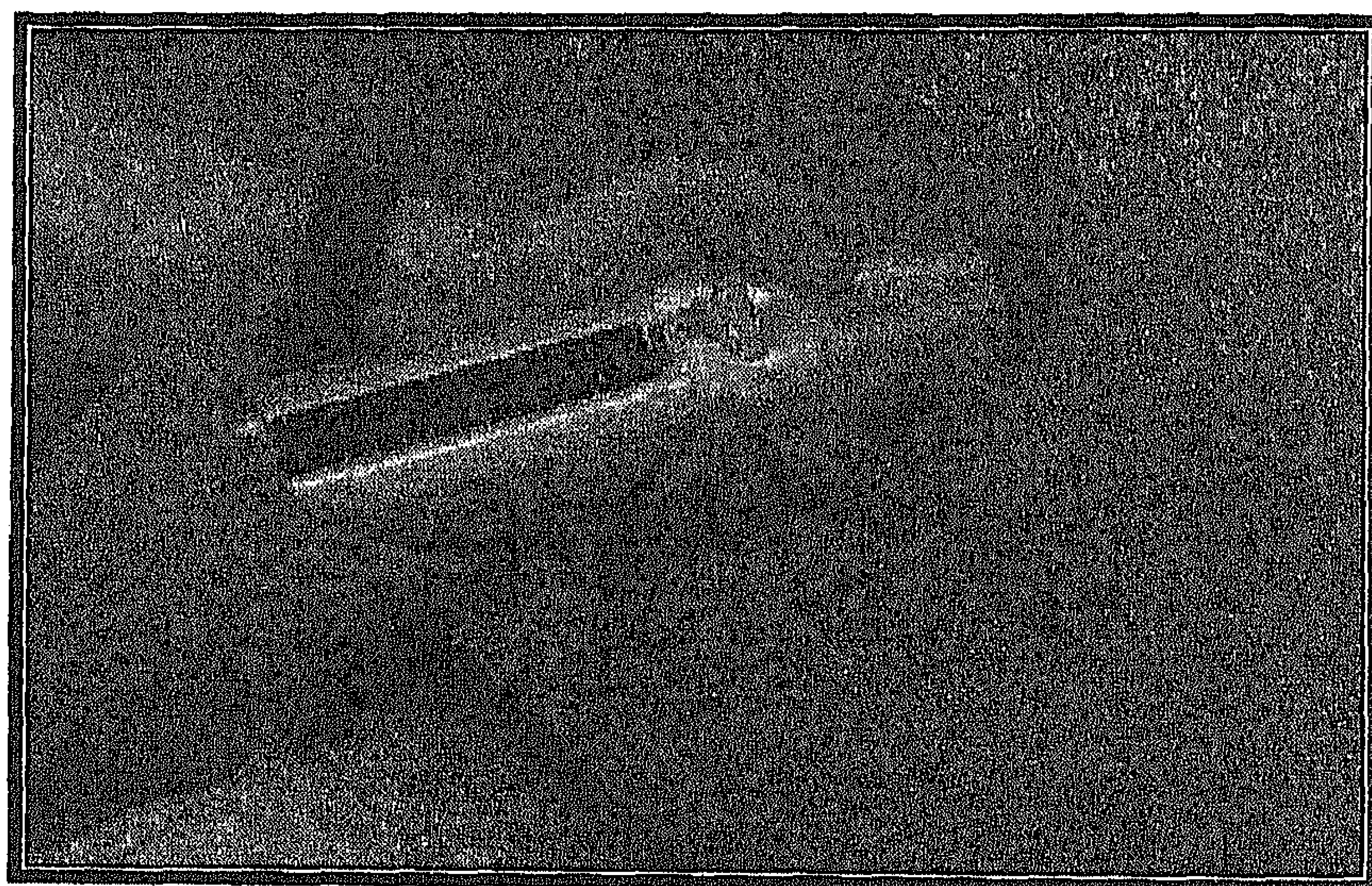
طريقة عمل الجهاز:

يعمل الجهاز بواسطة الضغط الخفيف على زر بالجهاز تخرج الرأس المتحرك plunger. ويوضع الجهاز عموديا على المكان المراد اختباره ثم يضغط الجهاز فتنزلق الرأس إلى داخل لجهاز وقبل اختفائها ينفك الشاكوش ويحدث طرقة على الرأس (صدمة).

عند حدوث الصدمة يجب أن يكون الجهاز عموديا تماما على السطح المختبر ولا يلمس الزرار Button الموجود على الجهاز. وعند الاصطدام يرتد الشاكوش الطارق بمقدار يتناسب مع صلادة السطح المختبر محركا مؤشر يتحرك على مقياس لتعيين قيمة الارتداد.بعد ذلك ينقل الجهاز إلى نقطة أخرى وتكرر العملية. وبعد انتهاء العمل يعاد الجهاز إلى وضعه الأصلي بجعل الرأس داخل الجهاز.



طريقة عمل الجهاز



طريقة عمل الجهاز

أنواع الأجهزة:

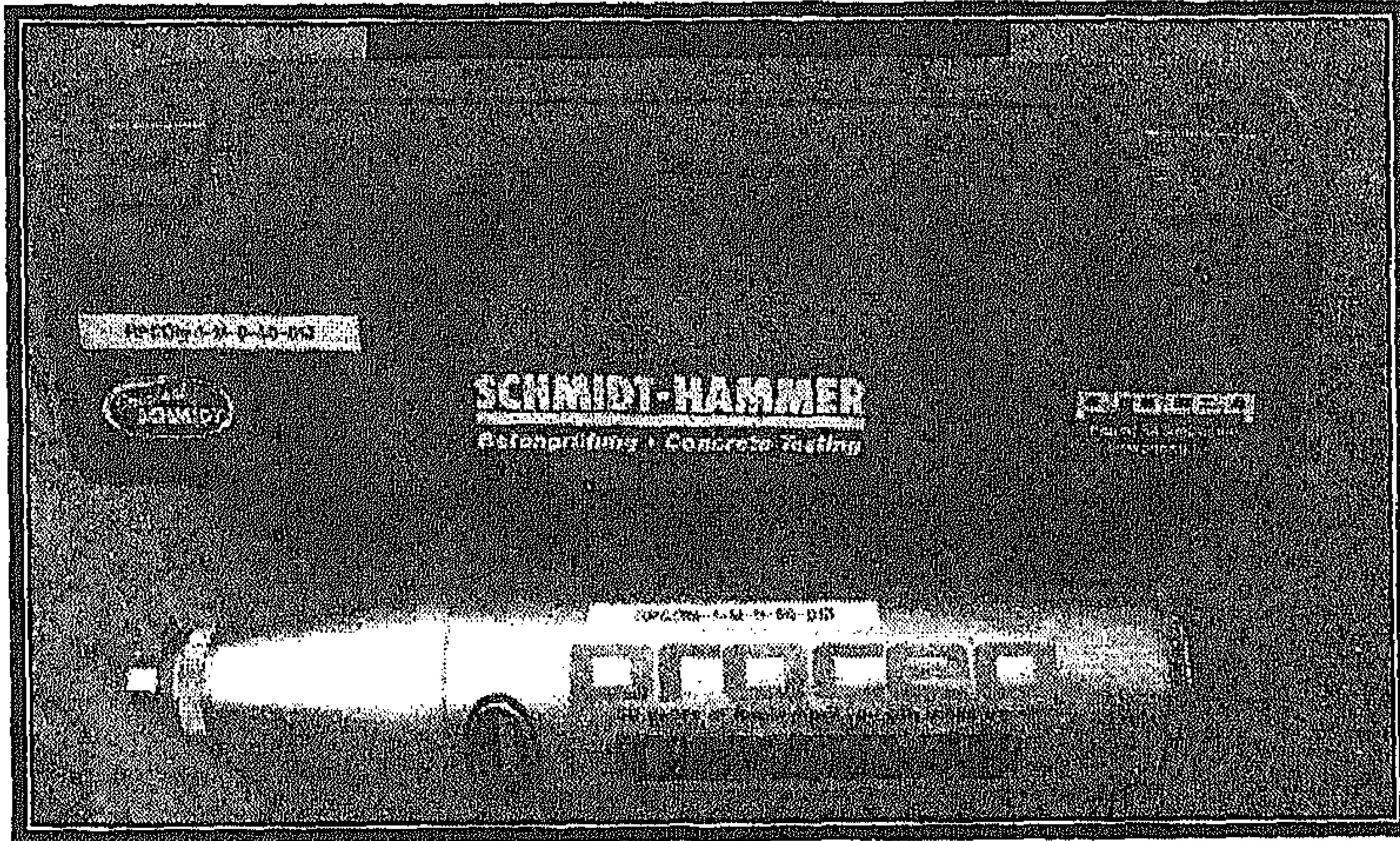
تختلف الأجهزة من حيث قراءة رقم الارتداد إلى نوعين:

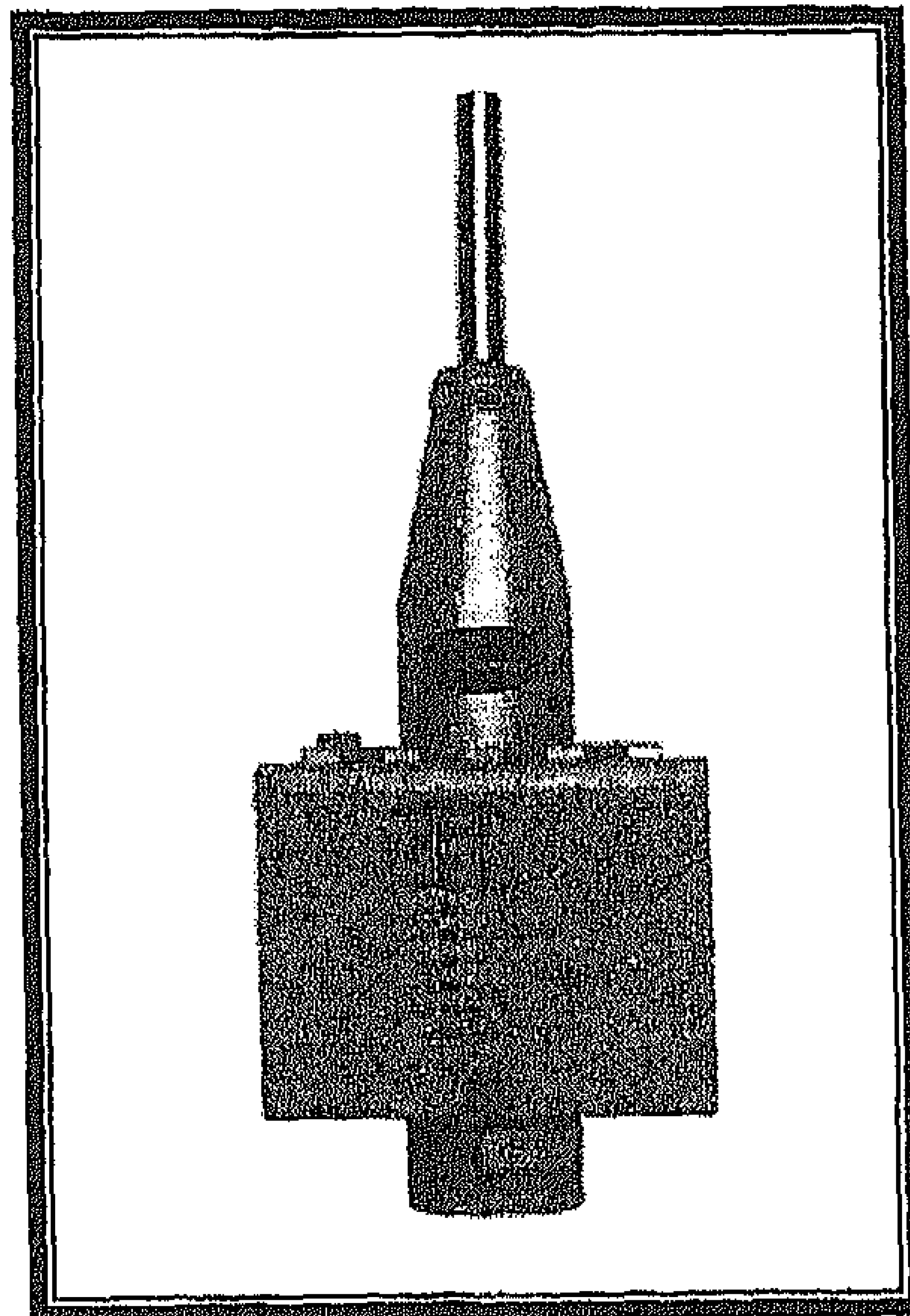
أ. أجهزة تقرأ النتيجة على تدرج بجسم الجهاز.

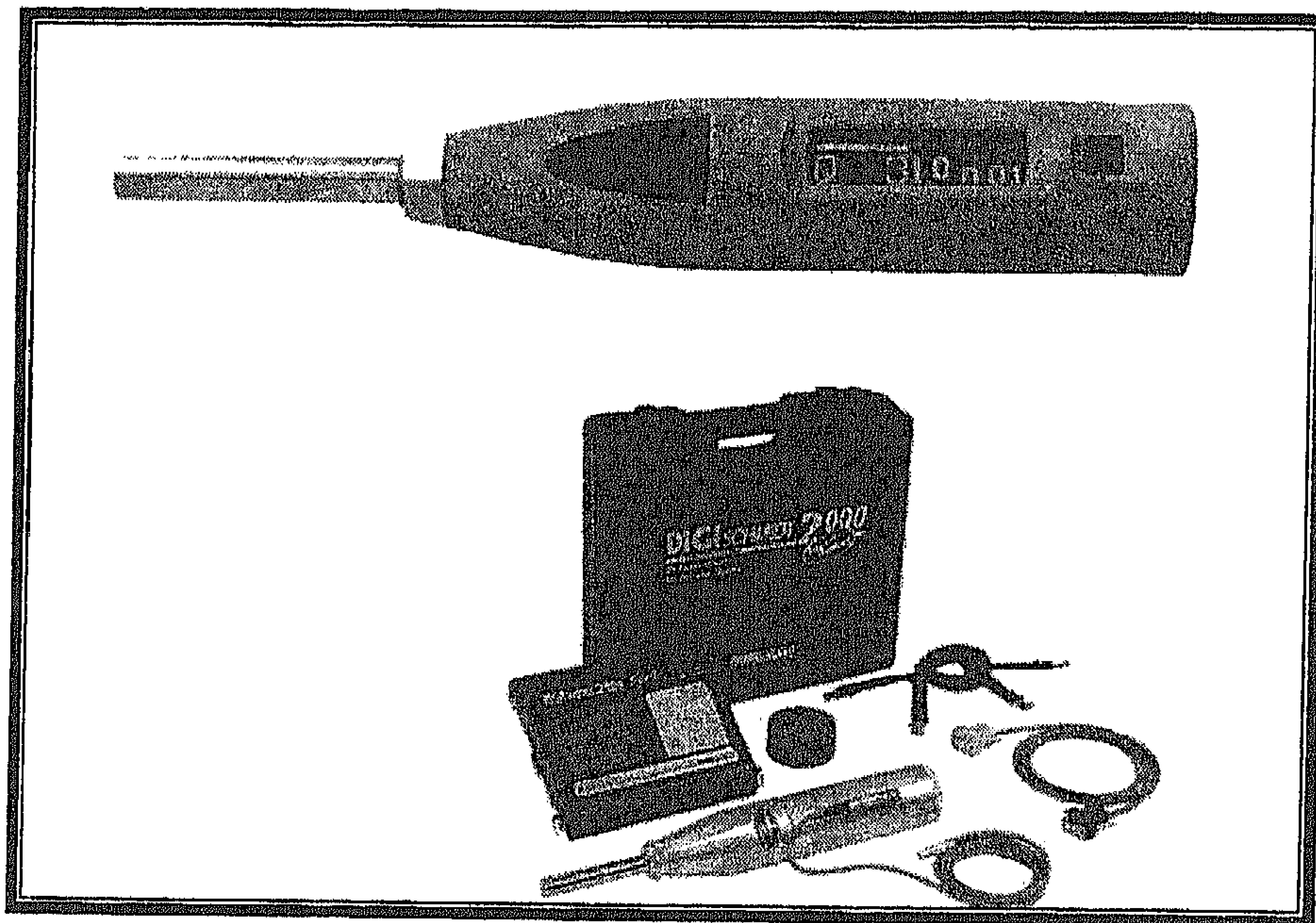
ب. أجهزة مزودة بأداء تسجيل للقراءة على شريط ورقي.

يفضل النوع الثاني للأسباب الآتية:

1. يمكن لشخص واحد استخدامه حيث أن تسجيل القراءة يتم بطريقة آلية وتلقائية.
2. يعتبر أسهل في الاستخدام ويمكن الرجوع إلى التسجيل البياني للقراءة في أي وقت.
3. منع التلاعب أثناء استخدام الطريقة الأولى عند تدوين القراءة بواسطة شخص آخر غير الذي يقوم بأخذ القراءات.
4. نسبة الخطأ أقل من الحالة الأولى.







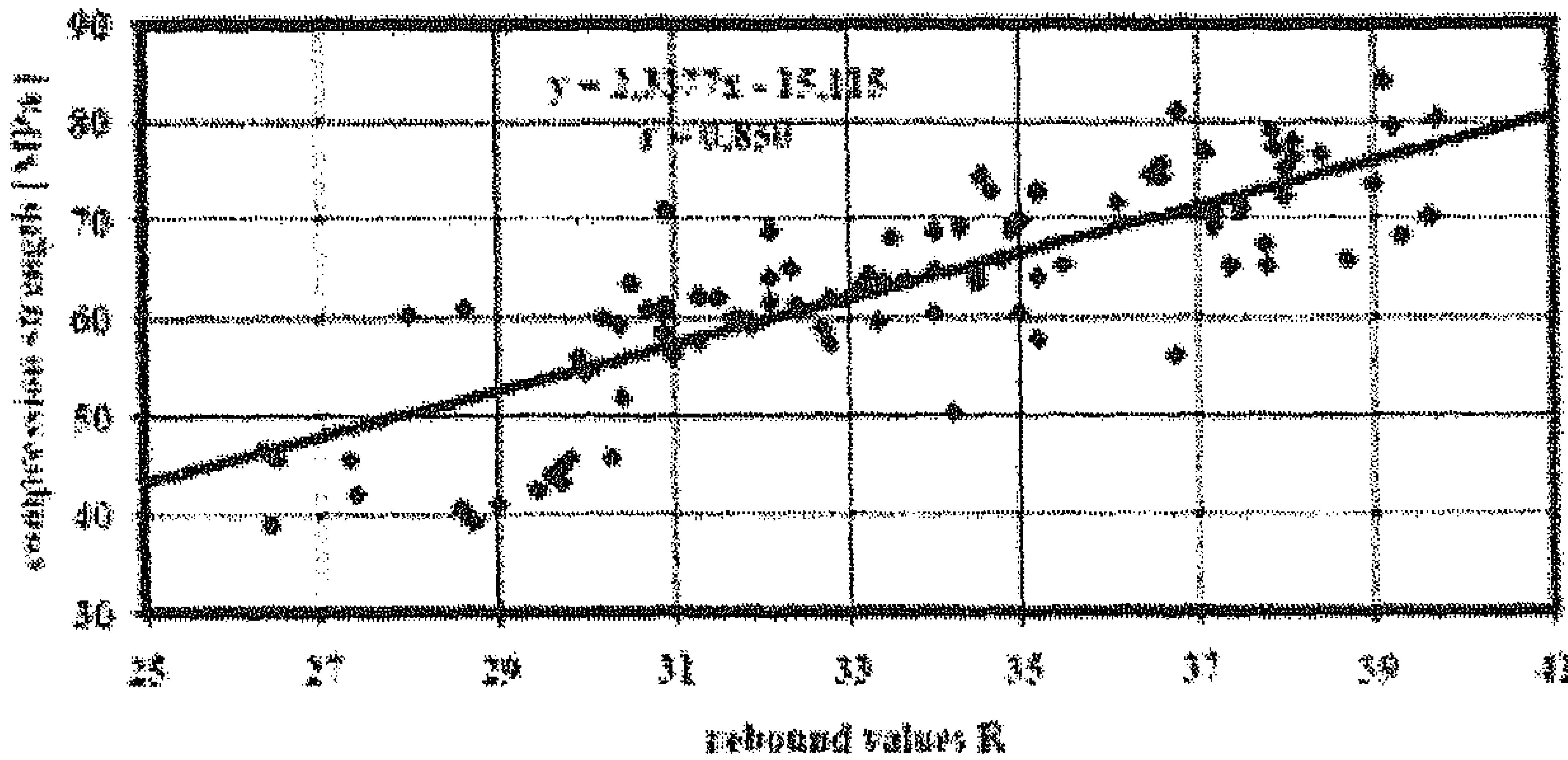
طريقة الاختبار وإعداد النتائج:

تحدد مساحة على العضو الإنشائي في حدود 30 سم. ويؤخذ عدد من القراءات حوالي 15 قراءة موزعة داخل المساحة. ولا تقل المسافة بين كل قراءتين عن 2,5 سم. ثم يعمل كروكي للجزء المراد اختباره وتحدد عليه مواقع النقط. ولكل نقطة على حدة يحسب متوسط رقم الارتداد وتحذف القراءات الشاذة بحيث لا يزيد الفرق بين أي رقم ارتداد والمتوسط عن 5 وحدات ويعتبر رقم الارتداد مقبول إذا كان ثلثي القراءات لا تنحرف عن المتوسط بمقدار =2,5 وحدة. ثم يتم تحويل رقم الارتداد المتوسط الخاص بكل نقطة إلى مقاومة ضغط نيوتين/مم^2 أو كج/سم^2، ويجب أن لا يزيد معامل الاختلاف لمفردات مقاومة الضغط عن 15٪.

زاوية ميل الجهاز:

تمت معايرة هذه الأجهزة على الوضع الأفقي أي لاختبار أسطح رأسية مثل الحوائط والأعمدة وبذلك اعتبرت زاوية ميل الجهاز بالنسبة للمستوى الأفقي a=0 كما يمكن استخدام الجهاز للأسطح المائلة بزاوية 45-+=a أو في الوضع رأسيا لاختبار الأسقف 90+=a أو الأرضيات وفي هذه الحالة 90-=a ويتم تصحيح

القراءات طبقا للمنحنيات المناسبة. أما في حالة الزوايا الموجبة يتم التصحيح بطرح بعض القيم من قراءة المؤشر نتيجة تأثير الجاذبية الأرضية أما في حالة الزوايا السالبة فيتم التصحيح بإضافة بعض القيم إلى قراءة المؤشر.



احتياطات عامة عند إجراء الاختبار:

1. أن يكون الجهاز المستخدم معاير قبل الاستخدام.
2. يكون السطح المختبر نظيف خالي من التعشيش أو المسامية.
3. يكون السطح خالي من النتوءات وبعيد عن أماكن أعمال الخرسانة.
4. تنظف الأسطح المختبرة بأحجار الكاربورندوم المزودة مع الجهاز.
5. لا توضع مقدمة الجهاز على زلط أو حديد تسليح في الخرسانة المتصلدة.
6. تزال أي مونة أو طبقات بياض قبل إجراء الاختبار وينظف مكان أخذ القراءات.
7. في حالة الأسطح الأفقية تزال طبقة الخرسانة الضعيفة (الجزء الزائد بالماء نتيجة النضح).
8. في حالة الخرسانة القديمة يتم إزالة السطح المتصلد لمسافة واحد سنتيمتر بواسطة صاروخ يدوى ذو قرص حوالي 12,5 سم حيث أن هذه الطبقة لا تمثل الخرسانة.
9. حيث أن الخرسانة تكون أكثر دمكا في الأجزاء السفلية من العضو الإنشائي فيتم اختبار النقط في المناطق العلوية.

10. يفضل استخدام الأسطح الرأسية لإجراء الاختبارات - أعمدة - حوائط خراسانية - جوانب كمرات - جوانب قواعد.
11. في حالة الأعضاء النحيفة (أسقف 10سم - أعمدة 15سم) تؤخذ احتياطات خاصة حيث أن مرونة هذه الأعضاء قد تؤثر على رقم الارتداد.
12. الأسطح المبللة: قد نضطر إلى استخدام الجهاز في حالة الأسطح المبللة وذلك في الأماكن القريبة من مصادر المياه (مثل دورات المياه) وفي المنشآت المائية وكذلك في أحواض السباحة. وفي هذه الحالة فإن المطرقة تعطى نتائج مضللة تقل بحوالي 30٪ عن القيمة الحقيقية. ولذلك تستخدم جداول خاصة بالتصحيح (أو إجراء اختباري مطرقة شميدت وسرعة النبضات معا).

معايرة الجهاز:

يتم معايرة الجهاز في الحالات الآتية:

1. عند تغيير نوع الركام المستخدم (دولوميت - بازلت - جرانيت - حجر جيري).
2. يتم معايرة الجهاز كل 2000 صدمة على الأكثر.
3. كل فترة زمنية وعند ترك الجهاز مدة دون استعمال.
4. بعد عمل أي صيانة للجهاز.

مصادر الأخطاء:

1. استخدام ركام مختلف.
2. الأجزاء النحيفة.
3. وجود فراغات وتعشيش.
4. الخرسانة الرطبة حديثة الصب سطحها أقل صلادة من داخلها (رقم ارتداد أقل من الحقيقة).
5. الخرسانة الجافة القديمة سطحها أكثر صلادة من داخلها ويكون رقم الارتداد أكبر من حقيقته.

(الموجات فوق الصوتية Ultrasonic pulse velocity):

في هذه الطريقة يتم إحداث نبضات عبارة عن موجات فوق صوتية لتسرى خلال الجزء المختبر ويتم تعيين زمن انتقالها حيث وجد أن سرعة النبضات خلال جسم صلب يعتمد على كثافة المادة المختبرة وخواص المرونة لها.

استخدامات طريقة الموجات فوق الصوتية UltrasonicMethod تستعمل هذه الطريقة في مجال الخرسانة لاستنتاج الآتي:

1. قيمة مقاومة الخرسانة للضغط.
2. قياس معاير المرونة للخرسانة.
3. مدى تجانس الخرسانة.
4. اكتشاف الشروخ والفجوات بالخرسانة.
5. تحديد درجة تلف الخرسانة.
6. قياس عمق طبقة الخرسانة.
7. مراقبة تطور قيم مقاومة الخرسانة للضغط.

طريقة إجراء الاختبار Method of Testing

1. يتطلب إجراء هذا الاختبار كفاءة عالية.
2. استخدام أجهزة لإنتاج نبضات مناسبة مع المادة.
3. يتم ضبط الجهاز مع جزء المعايرة المرفق مع الجهاز قبل بدء الاختبار على العينة.
4. يتم قياس المسافة التي تسيرها النبضات Path length بدقة (أنى طول السير).
5. يوضع المرسل Transmitter والمستقبل Receiver على العينة وأن يكون الاتصال تام بين سطحي المرسل والمستقبل وسطح العينة (يستخدم لهذا الغرض الشحم أو عجينة الجلسرين أو الصابون السائل).
6. عند وضع المرسل والمستقبل على العينة يستمر هذا الوضع حتى تثبت القراءة وإذا تأرجحت النتائج بين قراءتين يؤخذ المتوسط.
7. يكون الرقم معبرا عن الوقت T لسريان النبضات خلال الجزء المختبر.

8. تكون سرعة النبضات (V) كالآتي:

.V=L/T km/sec

طول المسار المقاس L=Length

زمن انتقال الموجة T=Transit Time

9. يستخدم منحنى المعايرة الخاص لإيجاد مقاومة ضغط المكعب المكافئ. وقد وضع هذا المنحنى على أساس اختبار مجموعة كبيرة من العينات ذات المقاومة المختلفة وتم قياس سرعة النبضات في كل حالة. دقة النتائج تتراوح بين 20٪ من القيمة الفعلية لمقاومة الضغط.

وضع المرسل والمستقبل Transducers Arrangement:

توجد ثلاث طرق لوضع المرسل والمستقبل وهي:

في اتجاهين متضادين (قياس مباشر) Direct Transmission.

في الجوانب المجاورة (قياس نصف مباشر)Semi-direct Transmission

في نفس السطح (قياس غير مباشر) Indirect Transmission.

تستخدم الطريقة الأولى في حالة إمكانية وضع المرسل والمستقبل بهذا الوضع ويمثل ذلك أفضل وضع. أما في الطريقة الثانية فيتم الانتقال على طول السطح وذلك في حالة إمكانية الوصول إلى سطح واحد فقط من العنصر المختبر. وفي هذه الحالة تكون العملية أقل كفاءة من السابق لأن أكبر طاقة تتجه إلى داخل الخرسانة.

والطريقة الغير مباشرة لا تعطى معلومات عن الخرسانة الضعيفة والتي تكون تحت السطح القوى المتصلد كما أن تحديد طول المسار أقل دقة وقد وجد أن السرعة في هذه الحالة أقل من الحالة المباشرة.

العوامل المؤثرة على النتائج:

1. نسبة الرطوبة Moisture Conditions

العينات المشبعة تعطى نتائج أعلى من العينات الجافة (عكس اختبار مطرقة شميدت ولهذا أمكن دمج الطريقتين معا) .

2. درجة الحرارة Temperature

درجات الحرارة العادية لا تؤثر على سرعة النبضات.

3. نوع الركام Aggregate Type

يتأثر زمن انتقال النبضات بنوع الركام المستخدم وشكله وحجمة ونسبة الخلط لذلك يعمل منحنيات خاصة لكل نوع ركام على حده.

4. تأثير درجة التصلد:

الخرسانة التي وصلت لدرجة تصلد يعادل 50 ٪ من قوتها لا تؤثر على سرعة سريان الموجات.

5. تأثير طول المسار:

لا يؤثر طول المسار على نتائج قياس سرعة النبضات مع ملاحظة أن لا يكون صغيرا جدا وإلا سيكون الوسط الغير متجانس للخرسانة ذات تأثير كبير. وقد وجد أن سمك أكبر من 100 مم أو 150 مم مع استخدام ركام من 20 مم إلى 40 مم يعتبر غير مؤثر على النتائج.

6. تأثير عمر الخرسانة Concrete Age.

تتأثر سرعة الموجات بزيادة العمر حتى عمر 7 أيام.

7. تأثير حديد التسليح Reinforcement:

يفضل تفادى حديد التسليح إذا أمكن ذلك حيث أن له تأثير في زيادة سرعة النبضات (سرعة النبضات في الحديد 5,9 كم/ث).

هذا وتوجد حالتين لوضع حديد التسليح بالنسبة لخط سريان النبضات:

الحالة الأولى - أن يكون محور السيخ عمودي على مسار النبضات وفي هذه الحالة تتأثر القراءات بقطر الأسياخ التي تعترض مسارها ويتم تطبيق معامل تصحيح يعتمد على قطر الأسياخ بالخرسانة .

الحالة الثانية - عندما يكون محور السيخ موازى لخط السريان في هذه الحالة تخرج أول موجه وتتجه لتسير خلال السيخ في المنطقة الموجود فيها . في هذه الحالة يطبق معامل تصحيح.

استعمالات أخرى:

فيما يلي نذكر بإيجاز بعض الاستعمالات الأخرى لجهاز الموجات فوق الصوتية في مجال الخرسانة:

- قياس درجة التجانس في الخرسانة:

معامل الاختلاف للسرعات (V) يعطى دلالة عن حالة تجانس الخرسانة وقد أعتبر أن معامل اختلاف مقداره 1,5 - 2,5 ٪ يدل على أن الخرسانة جيدة.

- اكتشاف الشروخ والفجوات:

تعتمد فكرة استخدام الجهاز في اكتشاف الشروخ والفجوات على حقيقة أن النبضات لا تسرى في الفراغ فتسلك الموجة مسارا أطول وعليه تختلف السرعة فزمن انتقال النبضات يزيد نتيجة لوجود الشروخ.

- تحديد درجة تلف الخرسانة:

تستعمل الموجات في التعرف على درجة تلف الخرسانة الناتج من تأثير حريق أو عوامل كيمائية أو ميكانيكية وذلك بتحديد سرعة الموجات بالأجزاء السليمة من العنصر الإنشائي واعتبار أن سرعة انتقال الموجه خلال الطبقة التالفة مساويا للصفر.

- قياس معاير المرونة:

يستعمل جهاز الموجات فوق الصوتية أيضا في قياس معاير المرونة للخرسانة.

اختبار القلب الخرساني Core Test:

يعتبر هذا الاختبار اختبار نصف متلف ويستخدم لتعيين مقاومة الضغط للخرسانة بصورة حقيقية وواقعية ويكون ذلك بواسطة اختبار عينة منتزعة (القلب الخرساني) من بعض الأعضاء الإنشائية الأساسية (عادة الأعمدة - الكمرات).

الجهاز عبارة عن مثقاب به آلة ثقب اسطوانية من الماس (الماظة) ويعمل بالضغط الهيدروليكي.

حجم العينة Size of Core: يعتبر قطر العينة 150مم هو القياسي إذا كانت الخرسانة من القوة بحيث لا تتأثر بالكسر أثناء انتزاع العينة من الخرسانة. وقطر 100مم هو الشائع الاستخدام. وطول العينة لا يقل عن 95٪ من قطرها.

استخراج العينة Drilling: يجب أن تستخرج العينة عمودية على السطح الموجود فيه ويدون رقم العينة ومكانها واتجاه أخذها مباشرة.

فحص العينة Examination تفحص العينات لتحديد الآتي:

- وصف الركام بالعينة (الحجم والنوع وحالة السطح والشكل).
- حجم الفراغات والتعشيش وأماكن وجودها واتجاهها وتحديد أسبابها وهل نقص في المونة أو نقص في الدمك أو انفصال حبيبي.
- درجة دمك الخرسانية.
- توزيع الحبيبات الخرسانية.
- تركيز الركام بالنسبة للمونة.

قياس العينة Measurement:

- القطر المتوسط : يؤخذ القطر عبارة عن متوسط لعدد 6 قراءات كل قراءتين عند مستوى واحد ومتعامدتين. إحدى القراءتين في المنتصف وواحدة عند ¼ الارتفاع من الناحتين.

- الطول: يقاس أكبر وأقل طول للعينة بعد استخراجها ويقاس الطول بعد وضع الغطاء Cap على نهايتي العينة إلى أقرب 5مم.
- التسليح Reinforcement يقاس موضع أي حديد تسليح من منتصف السيخ حتى نهاية العينة حتى أقرب 2مم. وتحدد المسافات بين أسياخ حديد التسليح.

تجهيز سطح العينة (نهايتي القلب) End Preparation:

يتم تجهيز السطح حتى يكون مستويا تماما وأفقيا لاستخدامه في ماكينة الاختبار ويتم ذلك أما بنشر النهايات أو عمل غطاء بأقل سمك ممكن.

مونة الأسمنت الألومينى والرمل القياسي بنسبة 3 إلى 1:

- تصب هذه المونة بوضع حلقة مستوية وأفقية حول العينة ثم تصب المونة ويسوى سطحها ويوضع فوقها قطعة مسلحة من الحديد بعد دهانها بالزيت وفي اليوم الثاني تكرر العملية للطرف الآخر من العينة.
- مونة الكبريت والرمل بنسبة 1 إلى 1 مع نسبة من الكربون الأسود مقدارها 1:2٪.
- يسخن الخليط لدرجة حرارة 230-350 م^5 ثم تترك لتبرد ببطء مع التقليب المستمر.
- يصب الخليط على مستوى أفقي من الحديد الأملس المدهون سطحه بزيت البرافين.
- توضع العينة فوق المونة رأسيا تماما بعد عدة ثوان يزال الجزء الزائد حول العينة من المونة ثم ترفع العينة وتكرر العملية بسرعة للطرف الآخر.

إجراء الاختبار

- يتم إجراء الاختبار مباشرة بعد استخراج العينات من الماء (أي بعد وضعها في الماء لمدة لا تقل عن 48 ساعة) وهي مبللة.
- ينظف مكان العينة بالماكينة وأسطح العينة من أي أتربة أو عوالق.

- توضع العينة رأسيا تماما في محور الماكينة.
- لا توضع أى قطع مساعدة أعلى العينة.
- يوضع الحمل على العينة بمعدل بطيء ويستمر حتى حدوث الكسر.
- يتم عمل وصف لحالة الانهيار.

الحساب Calculations:

$$Fc=P/A$$

حيث A هي المساحة المحسوبة من القطر المتوسط، P هي حمل الكسر.

- الناتج عبارة عن مقاومة الضغط للاسطوانة الفعلية قبل التصحيح.
- يتم عمل تصحيح على أساس نسبة (الطول/القطر) وذلك من المنحنى.
- يتم عمل التصحيح المناسب الذي يحول القلب الخرساني إلى اسطوانة قياسية (15 – 30).
- لإيجاد القيمة المناظرة للمكعب يضرب الناتج 1,25 x د.

يجب أن يشتمل التقرير الخاص بنتائج القلب الخرساني على الآتي:

- تاريخ أخذ العينة
- عمر الخرسانة (إذا أمكن)
- القطر المتوسط للعينة
- أكبر وأقل طول للعينة المستخرجة
- الطول بعد عمل الغطاء
- طريقة عمل الغطاء
- مقاومة الضغط المقاسة
- معامل التصحيح للعينات الاسطوانية
- مقاومة الضغط المقدرة للمكعب
- شكل الخرسانة وشكل الكسر الناتج
- وصف نوع الركام
- توزيع المواد بالخلطة الخرسانية
- درجة دمك الخرسانة
- صورة أو صور للعينات ترفق مع التقرير
- حجم ومقاس حديد التسليح وموضعه إن وجد

حدود القبول

- أولا يتم عمل ثلاث عينات للخرسانة المراد اختبارها.
- تعتبر العينة مقبولة إذا كانت مقاومة الضغط لا تقل عن 75٪ من المقاومة المطلوبة.
- لا يزيد الفرق في نتائج القلوب عن 30٪ من المتوسط.

إذا لم يتحقق ذلك يجرى اختبار تحميل.

اختبار التحميل:

الغرض من الاختبار هو اختبار كفاءة العنصر الإنشائي في تحمل الأحمال التصميمية التي صمم من أجلها ويجرى الاختبار على الكمرات أو البلاطات أو الأسقف أو المنشأ ككل.

ويتم إجراء هذا الاختبار في الحالات التالية:

- إذا كان هناك شك في كفاءة المنشأ.
- إذا كانت هناك أسباب تدعو إلى ذلك مثل وجود هبوط غير منتظم في أجزاء من المنشأ.
- إذا فشلت نتائج القلب الخرساني.
- إذا نص على ذلك في المواصفات والاشتراطات الخاصة بالمشروع. ولا يتم إجراء الاختبار قبل مرور ستة أسابيع من ابتداء تصلد الخرسانة.

القياسات المطلوبة:

- يقاس سهم الانحناء قبل إجراء الاختبار.
- يقاس سهم الانحناء بعد إجراء التحميل ومرور 24ساعة.
- يقاس عرض الشروخ بعد التحميل.
- يقاس سهم الانحناء بعد 24ساعة من رفع الأحمال.

الأحمال:

يعرض جزء المنشأ المراد اختباره لحمل مقداره مرة ونصف الحمل الحي المنصوص عليه في التصميم بالإضافة إلى حمل مكافئ لجميع الأحمال الميتة في صورتها النهائية (مثل الأرضيات والقوا طيع والبياض... الخ).

الاحتياطات أثناء التحميل:

توضع قوائم مثبتة تحت الأجزاء المحملة بشرط ترك مسافة تسمح بالانحناء للجزء موضوع الاختبار وأن تكون بالعدد الكافي لتتحمل الحمل بأكمله.

شروط القبول:

يعتبر المنشأ قد استوفى شروط الأمان إذا تحقق ما يلي:

1. إذا كانت أكبر قيمة لسهم الانحناءة max s في العنصر المختبر أقل من أو تساوي:

l2T\2,5 t…….cm >= smax

حيث lt =البحر مقاس بالمتر، t سمك العنصر بالسنتيمتر.

- تؤخذ lt في حالة الكوابيل بضعف المسافة لبحر الكابولي.
- تؤخذ lt هي طول الاتجاه الأصغر في حالة البلاطات اللاكمرية أو ذات الاتجاهين.

2. يجب أن يكون الجزء المسترجع من سهم الانحناء الأقصى بعد 24 ساعة من رفع الحمل لا يقل عن 75٪ من قيمة سهم الانحناء الأقصى -وعرض الشروخ في حدود المسموح به.

إذا لم يختف 75٪ من سهم الانحناء أثناء الاختبار الثاني أو أن تكون الشروخ أكبر من المسموح به يعتبر المنشأ غير مقبول. وإذا ظهر على أي جزء من المنشأ أثناء الاختبار أو بعد رفع الحمل أي شيء من الآتي:

- علامة من علامات الضعف.
- سهم انحناء غير منتظر.
- خطأ في طريقة الإنشاء.
- اتساع أكبر غير منتظر للشروخ.

فيتم المصمم الحلول التالية:

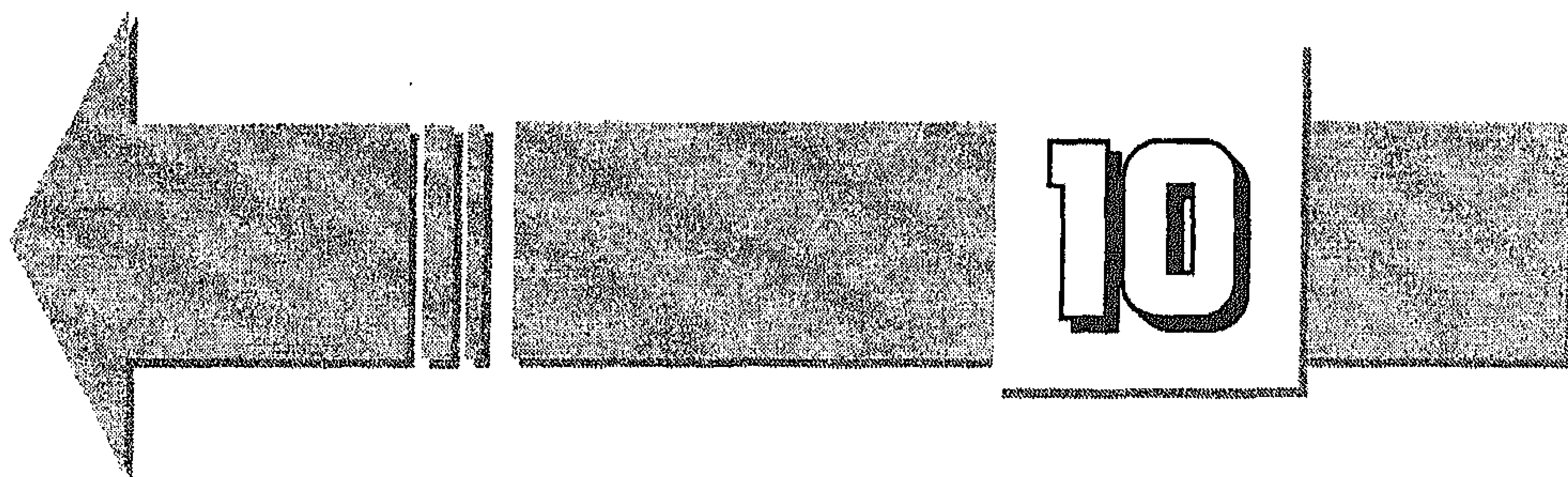
1. وضع ركائز إضافية إن أمكن.
2. عمل تخفيض في الأحمال الحية.
3. تحسين توزيع الأحمال.
4. عمل التخفيض الممكن في الأحمال الميتة.
5. عمل تقويان للعناصر الأساسية إن أمكن.

رفض الأعمال:

يعتبر المنشأ غير صالح للاستعمال للغرض الذي أنشئ من أجله إذا كانت جميع هذه الإجراءات غير كافية.

الأعمدة أو القواعد:

العناصر الغير معرضه لعزوم انحناء مثل الأعمدة أو القواعد يتم تقييم أمانها عن طريق التحلل الإنشائي ولا يجوز عمل اختبارات تحميل لها.



الوحدة العاشرة

الخرسانة الخفيفة

الخرسانة الخفيفة

إن المنافع الاقتصادية والعلمية المتوفرة في الخرسانة الخفيفة جعلتها تحتل في السنوات الأخيرة مكانة هامة في بناء المنشآت والإقبال على تنفيذه في ازدياد مستمر.

إن التوفير في حمولات البناء يمكن أن يصغر من حجم الأساسات وبذلك يتم توفير النفقات والوقت في عملية البناء، كما أن التعامل مع العناصر الخرسانة الخفيفة مسبقة الصنع يكون سهلاً بالمقارنة مع الخرسانة العادية من حيث تجهيزات الرفع والتركيب.

تفيد الكثافة القليلة للمادة في تأمين عازلية حرارية كبيرة للمباني، وبشكل تقريبي فإن كافة أنواع الخرسانة الخفيف تكون مقاومة للنار بطبيعتها، علماً بأن بعض هذه الأنواع تكون مقاومة للنار بدرجة عالية تصل حتى 1000 درجة مئوية، إضافة إلى ذلك فإن بعض أنواع الخرسانة الخفيفة يمكن قطعها بسهولة ودق المسامير بها والتعامل معها بأدوات نجارة عادية.

تنتج الخرسانة الخفيفة بثلاث طرق مختلفة، باستخدام الركام الخفيفة – أو بالتهوية بفقاعات الهواء – أو باستخدام مواد حصوية خالية من العناصر الناعمة وسوف نتطرق في إنتاج الخرسانة الخفيف بالإضافة إلى تأثير نوعية الركام الخفيفة والمعالجة الأولية على سلوك الخرسانة الخفيف ذي الركام الخفيفة.

إن أقدم استخدام للركام ذات الوزن الخفيف حدث منذ 2000 عام تقريباً وذلك عندما بنى الرومان المعابد ومجاري المياه والمدرجات في روما مستخدمين ركام الخفاف الطبيعية، ومن المهم ملاحظة أن الحجر الآنف الذكر ما زال يستخدم على نطاق واسع في إنتاج الخرسانة الخفيفة في بلدان متقدمة مثل ألمانيا وإيطاليا واليابان.

أما في بريطانيا فقد استخدم الخرسانة المصنوع من ركام الرماد الفحمي المتحجر (بقايا الفحم المحترق) في بناء المتحف البريطاني في مطلع هذا القرن والتي زادت كميات استخدامها بشكل كبير في السنوات اللاحقة. وقد اخترع السيد س.ج هايدس الركام خفيفة الوزن المعروفة باسم) هايدات) وذلك بواسطة تمدد الغضار، وأصبح ينتج في الولايات المتحدة.

الركام المصنعة من هذا النوع قد تم قبولها عالمياً من أجل صنع الخرسانة المسلحة أو المسبقة الإجهاد.

ومنذ عام 1957 تقريباً تم في بريطانيا تصنيع الركام الصناعية لاستخدامها في الخرسانة من أجل البناء والعزل، وكذلك فإن الخبث الرغوي المتحجر استخدم في هذا البلد أيضاً منذ الستينات تقريباً وهو عبارة عن ركام خفيفة جيدة، ولكنها تصنع بواسطة أفران هوائية فقط وتعتبر أرخص ثمناً من الركام الأخرى بسبب قرب مصادرها من أماكن الإنتاج، وكذلك الغضار والأردواز المتوفرة في هذه المنطقة.

وهناك تطورات متوازية حدثت في السويد لكن الخرسانة الخفيفة مختلفة، فقد نجح الدكتور إكسل إيركسون في عام 1920 في صنع الخرسانة المهواة من الإسمنت مما أدى إلى إنشاء معمل في عام 1929 في السويد لإنتاج ألواح (بلاطات) السقوف المسلحة ذات الوزن الخفيف.

إن الخرسانة المهواة تستخدم في عدة أغراض في بريطانيا وغالباً يكون على شكل بلوكات أو وحدات إسمنتية مسلحة مسبقة الصنع، وهو ذو قيمة عزل حراري عالية ويطلقون عليه في أوروبا الخرسانة الغازية.

لقد بدئ في استخدام الخرسانة الخفيفة الخالية من المواد الناعمة في شكلها الحالي منذ أربعين سنة تقريباً، وقد أصبح مادة البناء الشائعة حيث أن عدة آلاف من البيوت والشقق والمساكن بنيت من هذا النوع من الخرسانة الخفيفة، وهناك أمثلة أخرى مثل السفن التي كانت تبنى من الخرسانة ذي الركام خفيفة الوزن في الولايات المتحدة وذلك في نهاية الحرب العالمية الأولى، وقد أغرقت إحدى

هذه السفن عمداً في عام 1922 بعد ثلاث سنوات من الخدمة المستمرة. وقد أثبت التحقيق الذي اجري في عام 1953 أي بعد 31 سنة من إغراقها والذي تم بعد تقويمها أن صلاحية الخرسانة طوال فترة بقائها في الماء ضمن ظروف تآكل شديدة جداً كان مرضية.

ومن المهم أيضاً ملاحظة أن العديد من العوامات التي قد استخدمت في بعض الموانئ أثناء الحرب العالمية الثانية كانت مصنعة من خرسانة الركام الغضارية الممدة وذات الوزن الخفيف.

ولقد تم بناء أول منشأة من الخرسانة المسلح المسبق الصنع ذي الوزن الخفيف من ثلاث طوابق في برنت فورد القريبة من لندن وذلك عام 1958 ومنذ ذلك الحين تم إنشاء عدة مباني من الخرسانة المذكور.

الخرسانة الخفيفة ذو الركام الخفيف:

إن العامل الأساسي المؤثر في انخفاض الوزن الحجمي لهذا النوع من الخرسانة الخفيفة هو نوع المواد الحصوية الخفيفة المستخدمة، كما أن كثافة الخرسانة العادية تتراوح ما بين 2200 - 2500 كغم/م^3 أما كثافة الخرسانة الخفيفة فيمكن أن تتراوح من 200 - 1800 كغم/م^3 وذلك تبعاً للمواصفات المطلوبة.

ومن أجل ذلك لا بد من استعراض الركام الخفيفة المستخدمة في هذا المجال.

أ. الركام ذات الوزن الخفيف:

لقد كان هناك زيادة مطردة في السنوات الأخيرة في مجموعة من البلدان المتطورة في إنتاج الركام الخفيفة من الفضلات الصناعية أو المنتجات الثانوية وكذلك من الغضار والإردواز ... الخ. ومن الجدير بالذكر أن الطلب عليها في زيادة مستمرة كما أن الكثير من العاملين في مجال البناء أدركوا منافع استخدام الركام ذات الوزن الخفيف، لذا فإنه من المفيد عرض كيفية الحصول على الأنواع المختلفة خفيفة الوزن بالطرق الصناعية المتبعة.

إن مواصفات الركام الآنفة الذكر معطاة الآن بالمقاييس البريطانية والتي يمكن اتخاذها كمرجع لها.

1. الرماد الفحمي المتحجر:

استخدام الرماد الفحمي المتحجر كنوع من الركام في أوروبا لسنوات عدة وما زال الأكثر استخداماً بين المواد الحصوية ذات الوزن الخفيف، ومع ذلك فإن إنتاجه أخذ في الاضمحلال وذلك بعد ظهور واستخدام النفط والقار والمحروقات في أفران الحرق.

هذا النوع من الركام يعطي نتائج جيدة إذا كان قد تم الحصول عليه من أفران حرق ذات درجة عالية من الحرارة بحيث يكون الاحتراق تاماً.

إن المواصفات البريطانية تحدد كمية المادة القابلة للاحتراق في هذه الركام حتى 10٪ ويمكن زيادتها حتى 20٪ في حال استخدامه في الخرسانة الخفيف الوزن المنفذ في العناصر الداخلية وقد تصل النسبة حتى 25٪ عند استخدامه في بلاطات الخرسانة المسبق الصنع، وبما أن الرماد الفحمي المتحجر يحتوي على الكبريت إضافة إلى المركبات الأخرى التي قد تسبب في تآكل الحديد فإن ركامه لا يمكن استخدامها في الخرسانة المسلح أو الخرسانة الذي يستخدم كغطاء لأعمال معدنية.

2. الخبث الرغوي:

يعالج الخبث المصهور في أفران الحديد الخام عندما يكون في حالة الذوبان وعند الدرجة 1500 مئوية مع كمية محددة من الماء أو في بعض الطرق الصناعية بواسطة بخار الماء أو الهواء المضغوط بحيث يتم إدخال البخار في الكمية المذابة من أجل إكساب الخبث بنية متخلخلة مشابهة بشكل كبير لحجر الخفاف الطبيعي، وهذا ما يسمى بالخبث الرغوي أو المدد.

تحدد المواصفات البريطانية نسبة الكبريت الموجودة في الركام حتى 1٪. والخبث الرغوي متواجد في ثلاثة أحجام (8/5 – 8/3 إنش) و(8/1 – 8/3إنش) وأقل من (8/1 إنش).

3. الفضار الممدد:

عند تسخين أنواع معينة من الفضار حتى 1200 درجة مئوية فإنها تصل إلى درجة من الانصهار وتتولد الغازات من الكتلة التي نمددها بسرعة لتشكيل ثقوب صغيرة مفصولة بواسطة جدران من مادة زجاجية البنية.

أحد هذه الأنواع المنتج حالياً في بريطانيا معروف بالاسم التجاري (أغلايت Aglite) وينتج بواسطة مزج كريات الفضار مع الفحم المطحون وتمريره فوق حجارة موقد ومن ثم عبر كسارات. وهناك نوع آخر معروف باسم (ليكا Leca) منتج بدرجة خاصة من أحد أنواع الفضار المطحون والمعالج مسبقاً قبل تمريره عبر فرن دوار.

الـ (أغلايت Aglite) زاوي المظهر لأنه يسحق قبل تصنيعه بينما نسبة كثيرة من الركام المدخلة مسبقاً في الفرن تكون ناعمة ومستديرة، ولكن بعضاً من هذه المادة يصبح زاوياً أثناء عملية السحق.

الـ (أغلايت) متوفر في ثلاثة أحجام (8/5 – 8/3 إنش و(8/3 - 3/16 إنش) وأقل من (16/3 إنش).

كما أن الـ (ليكا) متوفرة في ثلاثة أحجام (8/3 – 4/3 إنش) و(8/3 – 8/1 إنش) وأقل من (8/1 إنش).

4. رماد الوقود الناعم المتحجر:

إن الرماد المتجمع من غازات مداخن محطات الطاقة الكهربائية الحديثة التي تستعمل الوقود الناعم يعرف بالرماد المتطاير والذي يكون من جسيمات زجاجية كروية دقيقة وناعمة جداً وقد تكون أنعم من الإسمنت. هذا المنتج يكون مبللاً بالماء وممزوجاً بفحم رطب ضمن خلاطات لولبية، يدخل بعدئذ ضمن أوعية

دوارة (تعرف باسم المدحرجات) حيث يخرج منها على شكل حبيبات كروية ومن ثم يتعرض إلى درجة حرارة 1400° مئوية تقريباً مما يتسبب في تراكم جسيمات الرماد دون أن تذوب بالكامل لتتشكل منها بالتالي ركام خفيفة الوزن تسمى (لايتاغ Lytag).

ركام الرماد المذكورة أعلاه متوفرة في ثلاثة أحجام (2/1 – 16/5 inch) إنش و(16/3 – 16/5 إنش) وهذان الحجمان يكونان على شكل كريات ناعمة، أما ما دون (16/3 إنش) فتكون ذات زوايا.

5. الإردواز الممدد:

عندما يتم تسخين أنواع معينة من الإردواز بسرعة فإن الغازات الناتجة عن هذا التسخين تغير خصائص البنية الصفيحية وتحولها إلى منتج يحتوي عدداً كبيراً من التجاويف الدقيقة المفصولة بجدران زجاجية. تسحق المادة الخام أولاً ومن ثم تسخن بسرعة في فرن دوراني يوقد بواسطة النفط حتى حوالي 1200° درجة مئوية وبعد التبريد فإن الإردواز الممدد يصنف بدرجات (حسب الخشونة).

يطلق على الإردواز الممدد الاسم التجاري (سولايت Solite) وهو متوفر في ثلاثة أحجام (8/3 – 4/3إنش) و(8/3 – 16/3 إنش) وأقل من (16/3 إنش).

6. الفيرميكولايت:

وهي تكون على شكل قشور فلزية شبيهة من حيث المظهر (بالميكا Mica) ولكنها غير ذلك، حيث أنها تتمدد وتتقشر بسرعة عندما تسخن، وبذلك تقل كثافتها بموجب طبيعتها الجديدة.

إن الفلز الخام الذي يستورد عادة من أمريكا أو من جنوب أفريقيا يجفف أولاً ثم يطحن ثم يصنف إلى درجات تبعاً للحجم.

عملية الفرز هذه تعمل حسب الطريقة القديمة المتبعة وهي التذرية في الهواء. وتمرر أصناف هذه المادة التي نتجت عن الفرز بسرعة من خلال أفران ساخنة حرارتها 1000 درجة مئوية تقريباً، وهذا يسبب التقشير لأن تشكل البخار يرغم

الصفائح على الانفصال الجزئي وبالتالي يتضاعف الحجم الأصلي كثيراً وقد يصل إلى 30 ضعفاً تقريباً.

7. البيرلايت الممدد (صخر زجاجي):

عبارة عن صخور بركانية زجاجية تحتوي الماء تستورد عادة من إيطاليا واليونان وايرلندا الشمالية.

إن العملية الصناعية لتمدد هذا النوع من الصخور وتشكيل ركام خفيفة الوزن تتم بطحنها إلى أحجام متعددة ومن ثم تسخينها بسرعة إلى نقطة الانصهار الأولى 1300 درجة مئوية تقريباً، وفي مثل هذه الدرجة من الحرارة تفصل نفسها تلقائياً ويتمدد الزجاج البركاني لتشكيل فقاعات صغيرة تشبه البالونات لتنتج مادة ذات نوع خلوي بكثافة منخفضة جداً.

8. ركام طبيعية ذات وزن خفيف:

إن بعض الركام التي تكون عادة من منشأ بركاني تكون خفيفة وقوية بشكل كاف لاستخدامها في الخرسانة، مثل (حجر الخفاف Pumice) على سبيل المثال والذي له بنية خلوية ناتجة عن تخلخل الغازات التي كانت موجودة في الحمم عند ثوران البركان بها، وفي سوريا تتوفر ركام الخفاف بكثرة في محافظة السويداء وتستخدم في الأعمال التي تتطلب خفة في الوزن أو عزلاً حرارياً.

كما أن هناك ركام أخرى طبيعية مثل دياتوميت diatomite والتي هي عبارة عن صخور متكلسة متشكلة من مستحاثات الهياكل العظمية للمخلوقات البحرية، وزنها خفيف تستثمر في أماكن متعددة من أوروبا، ومن الأنواع الطبيعية للركام الخفيفة التوف (Tuff) وهو حجر مسامي من رماد بركاني وأيضاً السكوريا (Scoria) وهو خبث بركاني.

ب. المواد:

يتألف الخرسانة ذو الركام الخفيفة من إسمنت وركام ناعمة وخشنة وماء. الركام الخشنة يمكن أن تكون من النوع الخفيف الوزن التي سبق وصفها

والتي تكون أبعادها ضمن الحدود (3/4 – 3/16 إنش) بينما الركام الناعمة يمكن أن تتألف من الرمل الطبيعي أو من نوع آخر من الركام الناعمة بأبعاد من (3/16 إنش) وما دون.

إن طرق خلط الركام خفيفة الوزن تماثل تلك المتبعة مع الركام الكثيفة بشكل عام مع الأخذ بعين الاعتبار الصفات التكنولوجية الخاصة التي تميز بعض أنواع تلك الركام الخفيفة.

إن تصنيع العناصر الكبيرة المسبقة الصنع مثل الجدران، الأعمدة والسقوف يمكن أن ينفذ في موقع العمل في ورش مقامة لهذا الغرض أو في ساحة صب رئيسية مجهزة بالتجهيزات اللازمة بعيداً عن موقع العمل، وينظر إلى ذلك بعين الاعتبار من الناحية الاقتصادية بعد دراسة تكاليف نقل هذه الجدران والأعمدة .... الخ. أو من حيث موقع المواد الخام، وفي أية حال فإن العناصر تنتج وتعرض لشروط خاصة من رج وترطيب وتجفيف.

وإذا كانت عملية التجفيف ممكنة بواسطة البخار فإن ذلك يمكن أن يخفض الفترة الزمنية ما بين الصب والتركيب ويقلل من الانكماش واحتمالات التشقق.

إن صنع بلوك (خفان) من الخرسانة الخفيفة يمكن أن ينفذ عادة في معامل آلية موجودة بالقرب من مصدر المواد الخام، حيث تعمل هذه البلوكات بخلطة خرسانية نصف جافة تصب في قوالب ثم تهز وتضغط لتأخذ الشكل المطلوب، ومن ثم ترفع لتوضع في ساحات مغطاة حيث تبقى رطبة لمدة سبعة أيام ثم تنقل خارجاً لتجف طبيعياً خلال ثلاثة أسابيع أو يمكن معالجتها بالبخار وذلك من أجل تقليل فترة التجفيف بضعة أيام. وفي بعض الحالات يمكن أن تستخدم طريقة المعالجة بضغط عالي من البخار (ضمن وعاء موصد) والتي من شأنها أن تؤمن مقاومة كبيرة من جهة وانكماشها قليلاً عند الجفاف خلال فترة قصيرة من الزمن من جهة أخرى.

ج. تسليح الخرسانة الخفيفة:

إن تسليح الخرسانة الحصوية الخفيف مشمول في المواصفات البريطانية وهو مشابه جداً للخرسانة المسلحة العادية، ومع ذلك توجد بعض الاختلافات بينهما والتي يجب أن تؤخذ بالحسبان، هذه الاختلافات متعلقة بشكل رئيسي بإجهادات الشد والقص والالتحام بين الخرسانة والتسليح وأيضاً بسماكة التغطية لحديد التسليح، وتتعلق هذه الاختلافات أيضاً بمعامل المرونة والانكماش وخصائص التقلص.

تحدد المواصفات البريطانية سماكة التغطية بـ (50.8 ملم) كحد أدنى للخرسانة الخفيفة وفق شروط معينة أي أكثر من الخرسانة العادية بـ 12.7ملم وذلك لأن مسامية الركام ذات الوزن الخفيف تساعد على حصول ظاهرة الكربنة بعمق أكبر من الخرسانة العادي. كما أن بعض الخلطات الخرسانة الخفيفة الوزن تكون قابلة للانكماش والتشقق بشكل أكبر، أما الحجم الأعظمي للركام الخفيفة فهو 25ملم وفي بعض الحالات 12 ملم .

د. الخصائص:

إن البنية الخلوية للركام الخفيفة يجعلها مادة عازلة للحرارة كما أن هذه البنية تلعب دوراً كبيراً في مقاومة الحريق وفي إطالة فترة التحمل للنيران.

- الركام صنف (1): تعني نفايا بركانية هشة (حجر خفاف – رماد مكورات بركانية – قرميد مسحوق – ومنتجات فخار محروق بما فيها الغضار الممدد وطوب محترق جيداً).
- الركام صنف (2): تعني كسارة الصوان، غرانيت وكافة الأحجار الطبيعية المسحوقة.

إن قيم الناقلية الحرارية النموذجية لمختلف أنواع الركام والخلطات يمكن مقارنتها مع خرسانة كثيف ذي ناقلية حرارية (K) تتراوح بحدود (1.15 – 1.44 W/M°C) ومع ذلك فإنه من الضروري الحفاظ على الخرسانة الخفيف جافاً لأن

قيمته كمادة عازلة تهبط بسرعة كلما زادت رطوبته والناقلية الحرارية لمادة البناء الجافة تزداد بزيادة رطوبته، لأن الحرارة تمر عبر الماء بسرعة أكبر بـ 25 مرة من سرعة مرورها في الهواء الساكن.

الركام الخفيف الوزن عدا العضوية منها والخاضعة لدرجة حرارة عالية أثناء التصنيع تؤدي لتشكيل خرسانة خفيفة أكثر ثباتاً في الحرارة العالية من الخرسانة العادي، وهذا العامل متحداً مع العزل الحراري الجيد يؤدي إلى المقاومة الفعالة للنيران.

وتوجد ميزة كبيرة لخرسانة الركام الخفيفة وهي خفة الخرسانة الفعلية التي تقلل من الحمل الذاتي لأي بناء، وهذا بدوره سوف يقلل من كميات المواد المطلوبة في البناء بما في ذلك التسليح وبالتالي توفر اليد العاملة وتكاليف النقل.

إن الكثافات الجافة للخرسانة الخفيفة الوزن بالمقارنة مع قيم الوزن الحجمي للخرسانة العادية التي تتراوح بحدود (2400 – 2240 Kg/m3) (150 –140 lb/ft3) سوف يلاحظ الفارق الكبير في الحمولات المطبقة على أي بناء.

٥. تطبيقات الخرسانة الخفيف (استخداماته):

إن استخدامات الخرسانة الخفيف كثيرة ومتنوعة ولكنها بشكل أساسي تندرج في ثلاث فئات من الاستخدامات: عازلة – تصنيع البلوك – بنائية.

والركام الرئيسية ذات الوزن الخفيف التي استخدمت في أوروبا هي النفاية المعدنية الهشة اللايتاغ (رماد وقود مسحوق مترسب)، الفخار الممدد (ليكا Leca) (أغلايت Aglite) والإردواز الممدد (سولايت Solite). كل هذه الأنواع من الركام يمكن أن تستخدم بدلاً من الركام الكثيفة في كل أنواع البناء ولكن بشكل رئيسي هي مخصصة في بناء الطوابق، الألواح الجدارية مسبقة الصنع ووحدات السقوف والأرضيات المسبقة الصنع أيضاً.

وبشكل عام فإن أكثر استعمال للركام ذات الوزن الخفيف هو إنتاج بلوكات بناء قادرة على تحمل حمولات خارجية وأخرى لا تتعرض إلا إلى وزنها

الذاتي فقط، ومن أهم الركام ذات الوزن الخفيف البنائية المذكورة أعلاه، الرماد الفحمي المتحجر إذ يستعمل بشكل واسع بالإضافة إلى حجر الخفاف والبرلايت والفيرميكولايت.

إن كافة الركام ذات الوزن الخفيف يمكن أن تستعمل في عزل السقوف والأرضيات والعديد منهم بما فيهم المادة السيلوكونية دياتوميت (diatomite) تستعمل أيضاً للخرسانات التي تتحمل الحرارة العالية في الأفران الصناعية وفي بطانات المداخن. حجر البلق (الحافظ للحرارة) والصخر الزجاجي يستعملان أيضاً في الملاط

الخرسانة الخلوية:

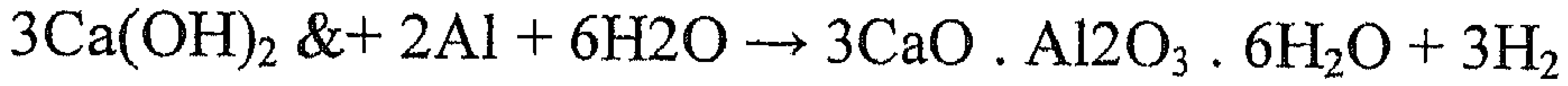
ينتج الخرسانة الخلوي بواسطة إدخال الهواء أو غاز معين ضمن الرابط الإسمنتي وهو ينقسم إلى نوعين:

1. الخرسانة الغازية: يشار إليها بالخرسانة المهواة والتي بها يتشكل الغاز بواسطة تفاعل كيميائي داخل الكتلة عندما تكون لدنة أو سائلة، وهذا الخرسانة ينتج في المعمل فقط. إن عناصر الخرسانة المصنعة معملياً تكون مصبوبة في قوالب معدنية مجففة (معالجة ضمن غرف ذات ضغط بخار عالي) وهذه العناصر يمكن أن تكون مسلحة وتتمتع بعزل حراري جيد.
2. الخرسانة الرغوي: والذي يقحم الهواء فيه عن طريق إضافة رغوة ثابتة مجهزة مسبقاً ويمكن إنتاجه في المعمل أو الموقع، هذا الخرسانة يمكن أن يستعمل كخرسانة ميول أو كمادة عازلة وهي عموماً غير مسلحة.

الخرسانة الغازية:

يتألف الخرسانة الغازي من رابط إسمنتي وماء ومسحوق الألمنيوم بالإضافة إلى رمل سيليسي ناعم ولا تستخدم الركام الخشنة في هذا الخرسانة. تخلط المكونات السابقة فتتشكل فقاعات من الهيدروجين ضمن الكتلة الإسمنتية ناتجة عن

تفاعل مسحوق الألمنيوم مع هيدروكسيد الكالسيوم الموجود في العنصر الإسمنتي وذلك حسب المعادلة التالية:



$$3Ca(OH)_2 \,\&+ 2Al + 6H2O \rightarrow 3CaO\ .\ Al2O_3\ .\ 6H_2O + 3H_2$$

هذه الفقاعات تسبب تمدد الخليط قبل الجفاف وهكذا تتشكل البنية الخلوية. لا يوجد هناك أي مخاطر من نشوب حريق بسبب غاز الهدروجين وذلك لأنه ينفذ من الخلايا ويحل محله الهواء بشكل كلي.

يتم إنتاج الخرسانة الغازي في المعمل عن طريق صب الخليط في قوالب معدنية قائمة الزوايا تسمح له أن يتمدد ويجف خلال فترة زمنية من ساعتين إلى ست ساعات في درجة حرارة معينة، وبعد زمن معين تتم عملية القطع بواسطة أسلاك معدنية طولياً أولاً ثم عرضياً، ومواقع هذه الأسلاك يمكن أن تتباين لتلائم الأبعاد المطلوبة للمنتج النهائي. وعند الحاجة إلى التسليح فإن القضبان الحديدية المناسبة توضع بدقة في القالب مسبقاً بحيث لا تتداخل مطلقاً مع عملية القطع.

تنقل القطع المتشكلة وتوضع داخل فرن موصد من أجل تجفيفها ويفتح البخار بداخله بضغط يصل إلى 10 ضغط جوي على الأقل وذلك لفترة اثنتي عشرة ساعة حيث يخفض هذا الضغط تدريجياً ليتم دورة إنتاج كاملة مدتها أربع وعشرون ساعة.

– تسليح الخرسانة الغازية:

بسبب الطبيعة الخلوية للخرسانة الغازية فإن حديد التسليح معرض بشكل كبير للصدأ وخاصة في المناخ الرطب لذلك يوجد غلاف واقي على قضبان حديد التسليح وهو من النوع الذي يحتمل حرارة التجفيف في الفرن وكذلك البخار المشبع بدرجة حرارة 180° درجة مئوية والضغط الجوي قدره 10 بار إضافة إلى قلوية الخليط.

– خصائص الخرسانة الغازية:

يحتوي الخرسانة الغازي عدداً كبيراً من الخلايا التي تخفض الكثافة وتزيد العازلية الحرارية للمادة وتجعله مقاوماً للحريق، والكثافة يمكن أن تصل حتى (25 Lb/ft3) Kg/m3 400 علماً أن الوزن الحجمي الشائع يتراوح بين:
500 – 880 Kg/m3.(Lb/ft3 31-55)

– التطبيقات:

التطبيقات الرئيسية للخرسانة المهواة المجفف والمسبق الصنع هي البلوك والبلاط والأرضيات وألواح السقوف وألواح الجدران الحاملة وغير الحاملة والقواطع.

إن الوحدات المسلحة المسبقة الصنع تكون عادة ذات أشكال مستطيلة ولكن يمكن أن تنتج أشكال أكثر تعقيداً. العناصر التي أنتجت كانت بأطوال تصل حتى (Ft5 20 ,in) 6200mm بسماكة تتراوح ما بين (3 إنش إلى 10 إنش) والعرض هو (180إنش، 20 إنش أو (24إنش) حسب المصنعين.

إن أنظمة التغليف أو التغطية بالإسفلت يمكن أن تستخدم مباشرة مع عناصر سقوف الخرسانة المهواة.

الخرسانة الرغوية (في الموقع):

خلافاً إلى الإنتاج المعملي المنضبط بدقة ذي الآلية العالية من وحدات الخرسانة المهواة المسبقة الصنع، فقد تطورت طريقة بسيطة لإنتاج الخرسانة المهواة، وذلك بإضافة رغوة ثابتة معدة مسبقاً إلى ملاط الإسمنت السائل وهو يستعمل بشكل رئيسي في عزل الأرضيات والسقوف.

– المواد:

تتألف المواد من إسمنت بورتلاندي السريع الجفاف أو العادي ورمل ناعم مغسول جيداً وماء وصنف مناسب من مادة مولدة للفقاعات يعتمد عليها في نوعية وكثافة الخليط المطلوب ولا يستعمل معه مسحوق الألمنيوم.

- **الخصائص:**

إن أحد أهم خصائص الخرسانة المذكور هي كثافتها المنخفضة وأيضاً قيمة العزل الحراري العالية وسهولة العمل في الموقع، ولكن بسبب قيمتها الانكماشية الكبيرة فإنه يجب أخذ الحيطة لذلك عند التطبيق، كما أنه يجب أن يحمى بشكل مناسب للسماح بجفاف كلي قبل الاستخدام في الأسقف النهائية والأرضيات وهو أيضاً مقاوم للحريق.

- **الاستخدامات:**

بسبب كثافتها القليلة وقيمة العزل الحراري الكبيرة فإن الخرسانة الرغوية تستعمل بشكل رئيسي في ألواح السقوف والأرضيات كما أنها يستعمل أيضاً في عزل البرادات الكبيرة.

الخرسانة المهواة ذو الركام الخفيفة:

الخرسانة المهواة ذو الركام الخفيفة هو شكل مطور من الخرسانة الخفيفة المسبق الصنع حيث تستعمل الركام الخشنة ذات الوزن الخفيف بالإتحاد مع ملاط خلوي، هذا النوع من الخرسانة يتمتع بنفس الميزات الموجودة في الأنواع الأخرى من الخرسانة ذات الأوزان الخفيفة، كثافة قليلة، عزل حراري جيد، مقاومة عالية للحريق، ولكنه يتميز عنهم بأن هذه الصفات تتوفر فيه عن طريق الركام الخفيفة والملاط الإسمنتي الخفيف. هذا النوع الخاص من الخرسانة الخفيف استخدم بنجاح في تشكيل غرف كاملة مسبقة الصنع، هذه الغرف تصنع وتنقل بسرعة إلى موقع العمل إذ أن وزنها يقارب ثلث وزن مثيلاتها من الخرسانة العادي مع متانة كافية ومقبولة.

- **المواد:**

المواد المستعملة في هذا النوع من الخرسانة تتكون من إسمنت سريع التصلب، رماد الوقود المسحوق، رمل ناعم، ركام خشنة خفيفة الوزن، بودرة الألمنيوم ومواد مزج أخرى.

تبلغ نسبة الركام إلى الإسمنت حجماً (10 إلى 1) تقريباً.

- التصنيع:

تتألف عملية الخلط (والتي يمكن أن تتم في أسطوانة أو خلاطة ذات تصميم مناسب) من خلط الإسمنت مع رماد الوقود المسحوق والرمل والماء وبودرة الألمنيوم، ثم بعد وقت محدد مسبقاً تضاف الركام الخفيفة الوزن المبللة مسبقاً والتي تمزج بالكامل مع الملاط الإسمنتي.

نظراً للتفاعل الكيميائي لبودرة الألمنيوم مع هيدروكسيد الكالسيوم الموجود في العنصر الإسمنتي تتشكل فقاعات من الهيدروجين تجعل المادة تتمدد وبهذا يتشكل قالب خلوي أو مهوى والذي تضاف إليه الركام ذات الوزن الخفيف.

إن تصنيع الوحدات المصبوبة مسبقاً يتألف من وضع أقفاص تسليح ملحومة في قوالب معدنية قائمة الزوايا وكبيرة ومن ثم صب الخرسانة الذي يجب أن يكون متجانس القوام، ومشكلاً بموجب مراقبة محكمة ومسيطر عليها حتى لا يتم الفصل أو الطوفان، إلى أن يتم امتلاء القالب بالخلطة الإسمنتية. وفي النهاية تأخذ كامل الفراغ المتبقي في القالب.

تترك المادة لمدة 24 ساعة تقريباً في غرف ذات ضغط بخار عالي، بعد التجفيف تؤخذ البلوكات الخرسانة الكبيرة من القوالب وتنشر بدقة بواسطة مناشير رأسها من الماس وذلك حسب الحجم المطلوب.

- الخصائص:

يتميز هذا النوع من الخرسانة بالعدد الكبير من الخلايا في العجينة الإسمنتية وفي الركام الخشنة ذات الوزن الخفيف والتي تقلل من الكثافة، وفي نفس الوقت تزيد من العزل الحراري للمادة.

إن الأوزان الحجمية الجافة يمكن أن تتراوح بحدود (Lb/ft3 20-80) 1280-320Kg/m3 أما الكثافة المعتادة فهي بحدود (Lb/ft3 50) 800 Kg/m3 وكالأنواع الأخرى من الخرسانة الخفيف فإنه يتمتع بمقاومة عالية للنار كما أن المادة تتمتع بمقاومة عالية جداً للصقيع.

- **الاستخدامات:**

تختلف ألواح الجدران المنتجة من حيث السماكة (4 إنش) إلى (8 انش) والارتفاعات تتراوح ما بين (3.7 قدم و6.4 قدم) بينما العرض القياسي 4 انش–1قدم.

وكذلك تختلف ألواح الأرضيات والسقوف المنتجة من حيث السماكة من (4 إنش إلى (10انش) مع امتداد من (10 قدم إلى 25 قدم بينما العرض القياسي هو أيضاً 4 انش إلى 1 قدم).

هذه الوحدات تكون جاهزة للاستعمال بعد 72 ساعة من صب الخرسانة ويمكن نقلها مباشرة إلى مواقع المباني أو تمرر إلى ورشة تجميع الألواح الأكبر أو الغرف الخاصة المصنوعة على هياكل معدنية.

ينفذ وصل الألواح سواء في الموقع أو في ورشة التجميع ببساطة بواسطة استخدام ملاط صمغي لاصق خاص سريع التثبيت وذلك قبل تشبيك الألواح مع بعضها والسماح بالتعامل معها.

بسبب التعامل السهل مع الألواح وبساطة التوصيل مقارنة مع الطاقة التركيبية لنفس المادة فإنه يوجد الكثير من الاستخدامات في مجال البناء من وحدات السكن التامة إلى وحدات السطوح والسقوف التركيبية الخفيفة الوزن، والجدران الخارجية التي تتحمل الأثقال.

الخرسانة الخالية من المواد الناعمة:

الخرسانة الخالية من المواد الناعمة هي نوع آخر من الخرسانة خفيفة الوزن وكما تشير إليها اسمها فهي عبارة عن خرسانة مصنوعة من الإسمنت والماء والركام الخشنة دون استخدام الركام الناعمة التي تقل أبعادها عن 5 ملم وبالتالي ستتشكل فراغات بين حبات البحص الخشنة هذه الفراغات تعطي الخرسانة خصائصه العازلة بينما لا يزال يحتفظ بمقاومة على الضغط لا بأس بها.

- المواد:

يتكون الخرسانة المذكور أعلاه من إسمنت وركام خشنة فقط (الرمل محذوف) لذا ومن أجل تأمين الفراغات خلال الكتلة فإن الركام الخشنة يمكن أن تكون حصى أو حجراً مسحوقاً أو من الركام الخفيفة المذكور سابقاً والتي هي أصغر من (19 ملم وأكبر من 10 ملم ولا أكثر من 10٪ المتبقية في منخل بقياس (19 ملم. والخرسانة المنتج بهذه الطريقة له كثافة تقريبية قدرها 70٪ من كثافة الخرسانة العادية (الذي يحتوي الرمل) والمصنوع من نفس الركام.

- الإنتاج في موقع العمل:

يمكن أن تتم عملية خلط الخرسانة الخالية من المواد الناعمة في الموقع وفي خلاطات خرسانة قياسية. ويجب توخي الدقة من أجل الحصول على النسب الصحيحة للإسمنت والماء وذلك لأهميتها الكبيرة، حيث أن الزيادة المفرطة في الماء سوف تسبب في انزلاق الملاط الإسمنتي الرقيق عن الركام الخشنة. وبذلك تدمر كلاً من المقاومة والعزل الحراري، ومن جهة أخرى فإن الإقلال من الماء سيؤدي إلى أن الطبقة الإسمنتية الرقيقة لن تكفي لتغطية سطوح الركام بشكل كامل وهذا سوف يسبب خللاً في المقاومة، لأن التصاق الركام الخشن في هذه الحالة لن يكون كاملاً في جميع نقاط الاتصال بينهم.

ومن الأمور الهامة أيضاً فترة الخلط وذلك من أجل تأمين تغطية منتظمة من الملاط الإسمنتي على سطوح الركام ويجب أن يستمر الخلط حتى تكون الخلطة بأكملها ذات لون موحد. يفضل وضع الركام أولاً في الخلاطة وهي مبللة ومن ثم الإسمنت وأخيراً نسبة الماء المتبقية.

كل أنواع الخرسانة الخالي من المواد الدقيقة يجب أن توضع بعد الخلط في طبقات أفقية غير سميكة لكي يكون الخرسانة دائماً في حالة أفقية مع تجنب وضعه في حالة الانحدار خشية الانسكاب. كما يجب أن يتعرض الخرسانة لهز ميكانيكي لتجنب إمكانية تشكل فجوات كبيرة تخرب هيكل هذا الخرسانة، بالإضافة إلى ترسيخ الالتصاق بين الركام الخشنة.

- القوالب:

بما أن هذا الخرسانة لا يحتوي رملاً فإنه لا يتعرض لحادثة الانفصال عندما تكون نسبه في المزج صحيحة، لذا فإنه يمكن أن يصب من ارتفاعات عالية. إضافة إلى أن الضغط الجانبي للخرسانة الموضوع أقل بكثير من الضغط الجانبي الناجم عن الخرسانة العادي.

عادة تستعمل ألواح كبيرة على شكل طبقات من الفولاذ المثقب وهناك أنواع أخرى من القوالب المستعملة مؤلفة من معدن ممدد أو من شبكة أسلاك محاكة مركبة على إطارات معدنية أو خشبية.

بما أن الخرسانة المذكور لا يتدفق بسهولة كما في الخرسانة العادي وهناك إمكانية حدوث تجاويف فيه لذا ينصح بأن تترك نقاط دخول إضافية في القوالب في الأماكن الصعبة مثل الجانب السفلي.

- التسليح:

بناء على مقاومة قصه المنخفضة ونسيجه المفتوح جداً الذي يسمح بدخول الماء فإن الخرسانة الخالي من المواد الناعمة لا يمكن تسليحه بشكل عام.

ومع ذلك عندما يستعمل التسليح الخفيف حول الفتحات حيث قضبان التسليح تكون موضوعه في بعض الأحيان فوق وأسفل الفتحات وعبر الزوايا فإن استخدام الملاط الإسمنتي بالتسليح يساعد في إيقاف التآكل.

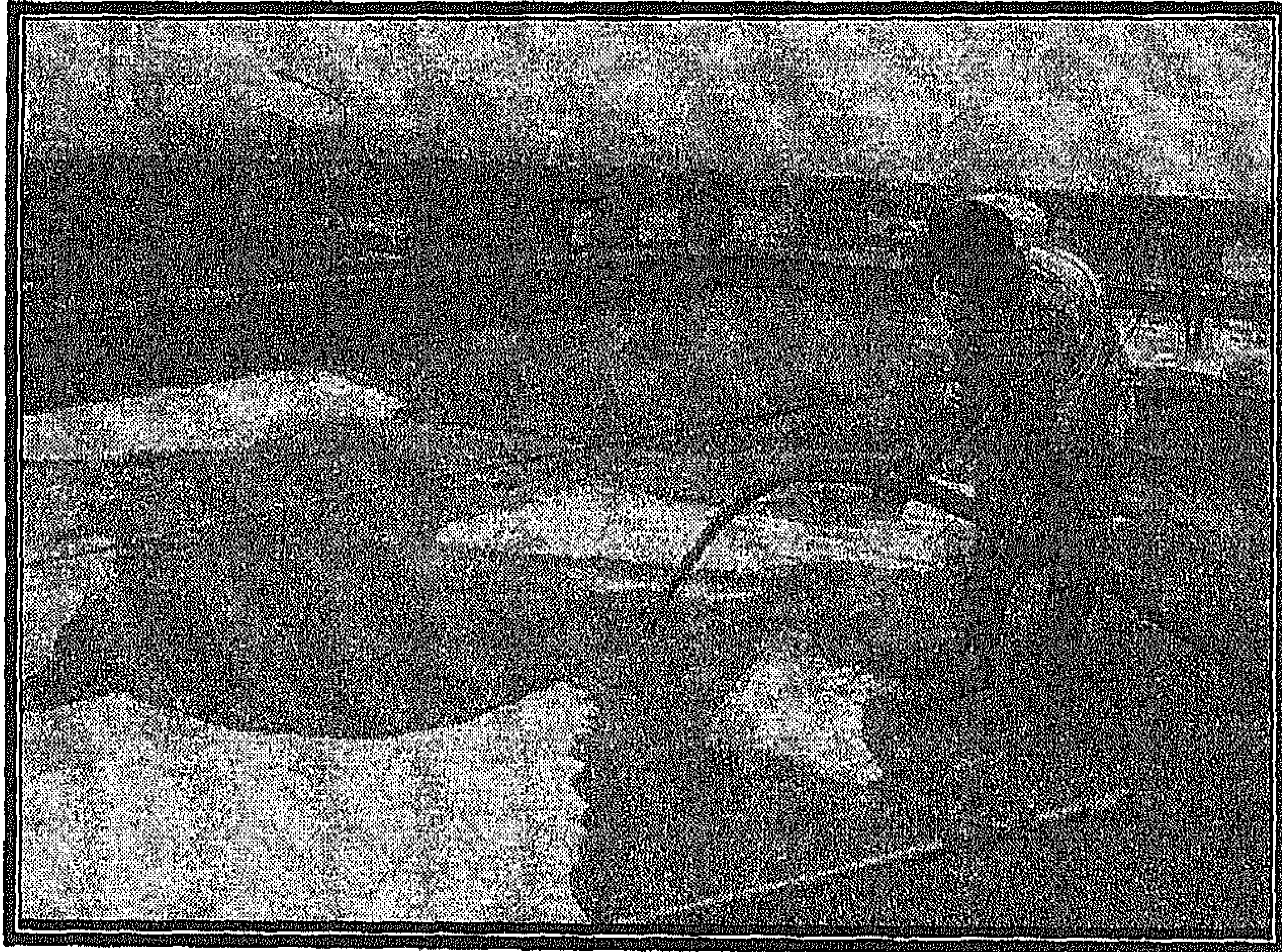
- الطلاء:

بسبب نسيجه المفتوح فإن الخرسانة المذكور أعلاه يحتاج إلى إيقاف دخول الماء قبل طلاءه. من أجل العمل الخارجي فإن نسب المزيج الموصى بها باستخدام إسمنت البناء والرمل هي 6:1 أو 5:1 على التوالي وفي أحوال معينة 4:1 وإن اختيار الخلطة يعتمد على نوع الركام المستخدمة في الخرسانة الخالي من المواد الناعمة وعلى ظروف الطقس التي يتعرض لها والوقت من السنة الذي يتم فيه الطلاء.

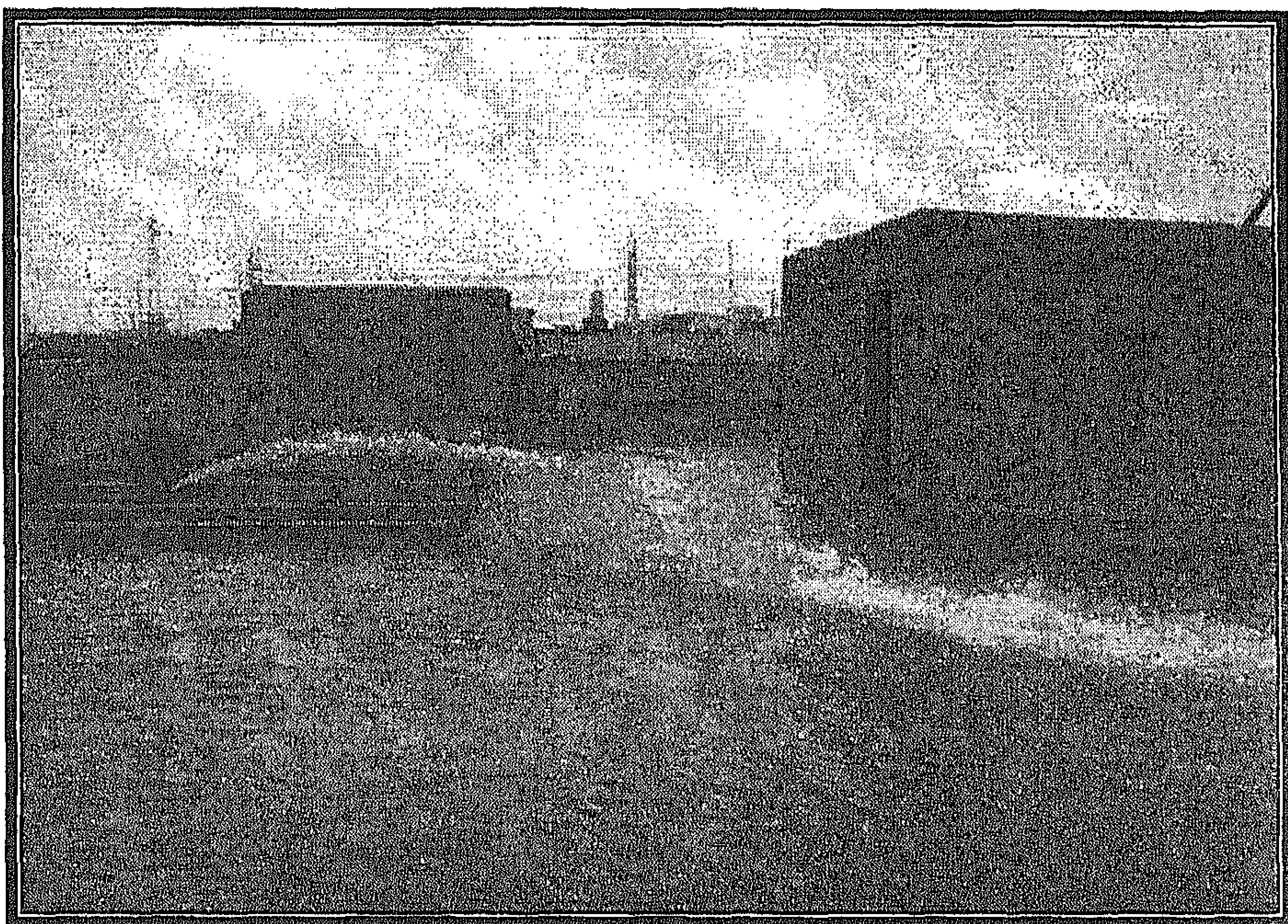
أما من أجل العمل الداخلي فإن نسب الخلط الموصى بها من أجل طلاء تحتي باستخدام إسمنت بنائي ورمل هي 5:1 و6:1 .

- الخصائص:

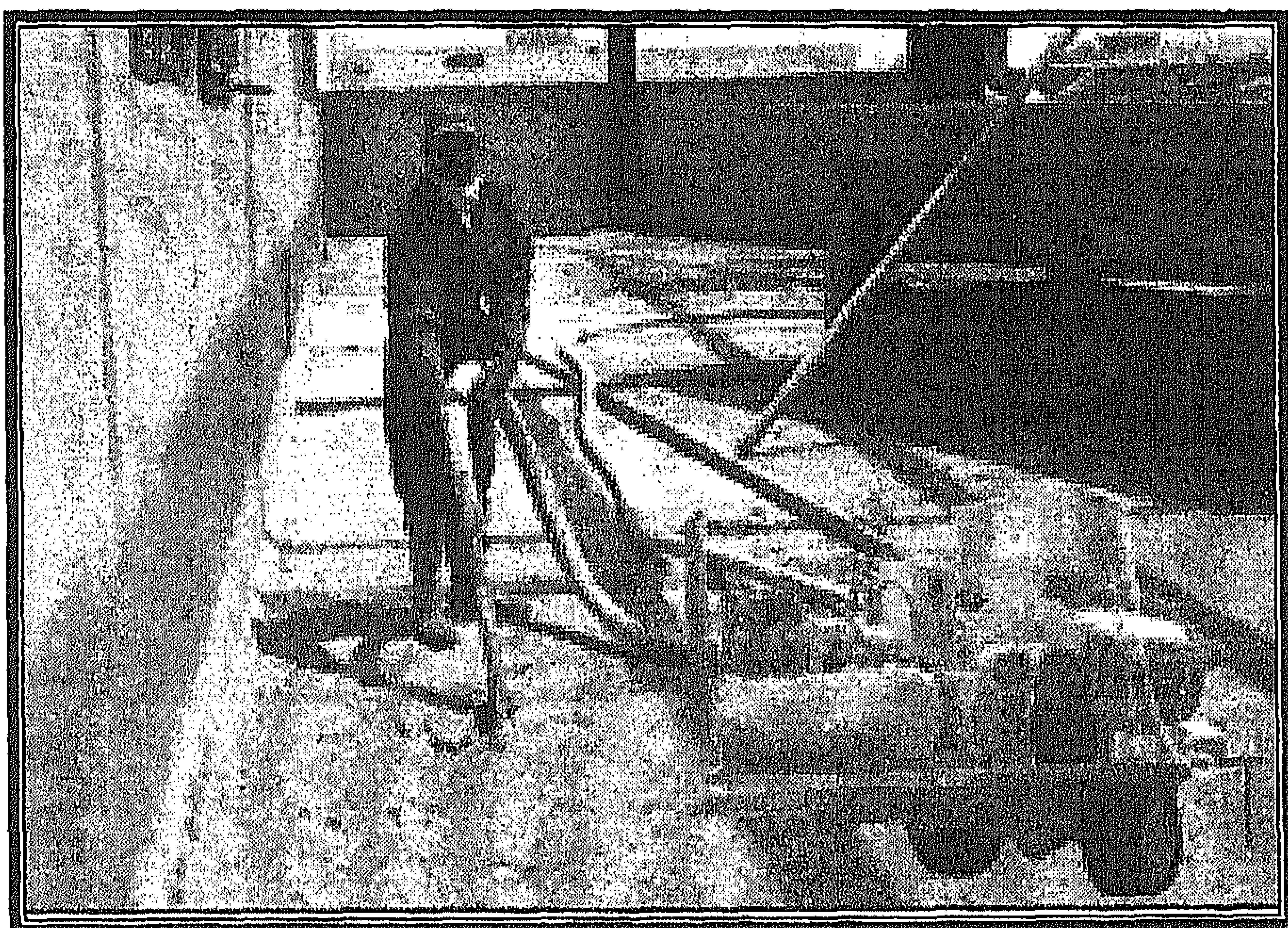
إن أنواع الخرسانة الخالي من الركام الناعمة تصل للانكماش الجاف الكامل بفترة أسرع منها في أنواع الخرسانة الأخرى، أي نسبة 80٪ خلال 100 يوم مقابل 60٪ للخرسانة العادي إضافة إلى أن الانكماش الجاف للخرسانة بدون مواد ناعمة والمصنوع مع ركام كثيفة هو منخفض 0.02٪ مقابل 0.04٪ بالنسبة للخرسانة العادي، وهذه الميزة تفيد في تخفيض احتمالات التشقق الناتجة عن الانكماش.



صب الخرسانة الخفيفة لأجل عمليات العزل



الانتهاء من صب الخرسانة الخفيفة لأجل عمليات العزل



إحدى معدات صب الخرسانة الخفيفة لأجل عمليات العزل

استخدامات الخرسانة الخفيفة بشكل عام:

تنقسم مجالات استخدام الخرسانة الخلوية إلى ثلاثة أقسام منفصلة

أ. القطع المسبقة الصنع.

ب. القوالب الخرسانية (الطابوق).

ج. الصب في الموقع.

يتم صب الخرسانة الخلوية مباشرة في قوالب أو في أغلفة مصنوعة من المعدن وبعد صب الخرسانة الرغوية يتم إزالة القوالب وتترك القوالب الخرسانية حتى تجف وتستخدم هذه الطريقة في ألواح الجدران وألواح الأسقف.

إن مزايا العزل الممتازة للخرسانة الخلوية ذات الكثافة القليلة (الخرسانة الخلوية المحتوية على كمية كبيرة من الفقاعات) ذات استخدامات رائعة بالنسبة للأبنية، حيث يعتبر الوزن الخفيف للجدران والألواح مناسب للغاية للأسقف والأسطح.

كما تستخدم الأحجار المختلفة الأحجام المصنوعة من الخرسانة الخلوية بكثرة للجدران وواجهات الأبنية وهي سهلة الاستخدام كما هو الحال في الأحجار من نوع يوتنغ.

إنتاج القوالب الخرسانية (الطابوق):

يعتبر الطابوق من الأشكال المعروفة التي تدخل الخرسانة الخلوية في صنعها، حيث يمكن صب الخرسانة الخلوية مباشرة في القوالب الخاصة بالطابوق من الحجم الصغير، كما يمكن أيضاً صب الطابوق في قوالب كبيرة ومن ثم يتم تقطيعه بعد إخراجه من القوالب بحسب الأحجام المرغوبة، وهذه الطريقة تلخص فكرة د. لوكا وشركاه بالنسبة للطابوق المصنع باستخدام الليثو بور.

الصب في الموقع:

الأرضيات:

تعتبر الخرسانة الخلوية ذات استخدامات مناسبة كطبقة إضافية للأرضيات، حيث أنها تساعد على تسوية الأرضيات بالإضافة إلى خاصية عزل الضجيج.

الأسقف:

تستخدم خلطات الخرسانة الخلوية كطبقة عازلة للحرارة بالنسبة للأسقف المسطحة وخاصة في البلدان الواقعة جنوباً

الطبقة الأساسية للشوارع:

يمكن استخدام الخرسانة في البنية الأساسية للشوارع بدل طبقة الأحجار المستخدمة بشكل عام أو يمكن إضافة الخرسانة الخلوية إلى هذه الطبقة ويعتبر هذا المزج بين الحجارة والخرسانة الخلوية مناسباً تماماً عندما تكون الطبقات التحتية للأرض هشة.

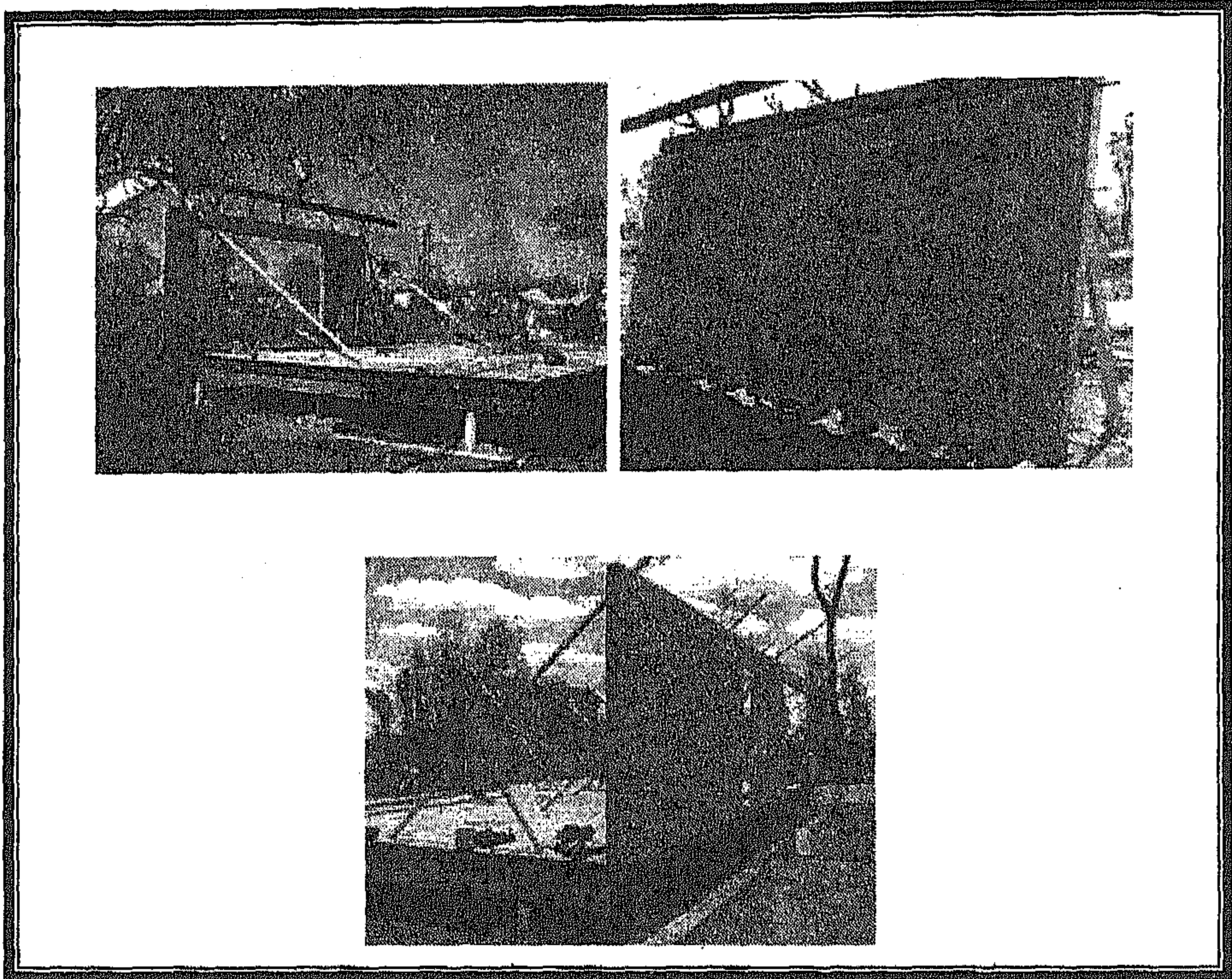
الحفر والفراغات المجوفة:

تعتبر الخرسانة الخلوية شائعة الاستعمال لملء وتثبيت الأنابيب الممددة في الأنفاق بالإضافة إلى الخزانات والآبار والمناجم أو أي تجاويف أخرى وذلك نظراً لما تمتلكه من خاصية التدفق وإمكانية قطعه أو قصه بالإضافة إلى التكلفة المتدنية حيث تعتبر هذه الطريقة الطريقة الأمثل والأكثر شيوعاً بالنسبة لصب المناجم.

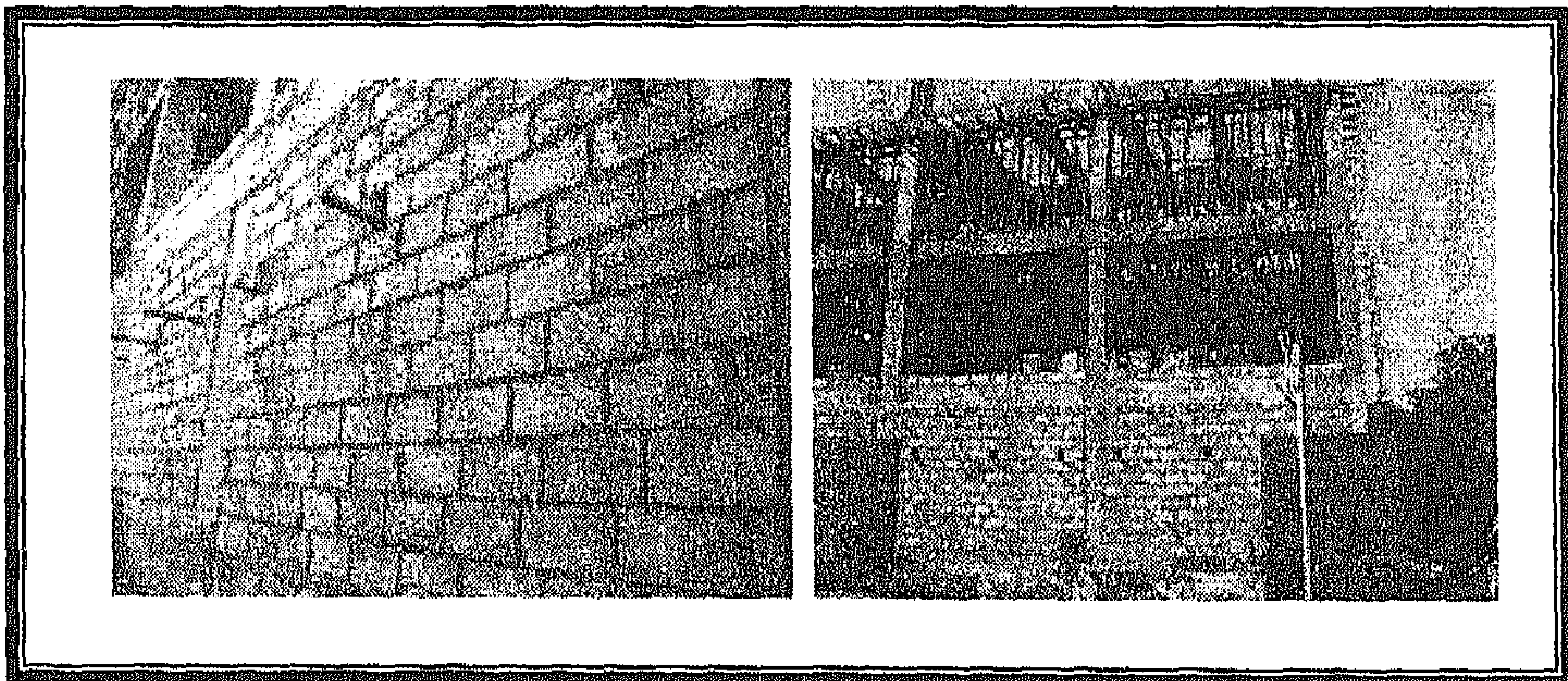
ملء الجدران:

تستخدم الخرسانة الخلوية كمادة لملء جدران المنازل أو الفجوات الصناعية، وتعتبر هذه الطريقة من الطرق الناجحة في دول العالم الثالث بالنسبة لمشاريع الإسكان حيث يعتبر الوقت من العوامل الهامة في مثل هذه المشاريع، ولذلك فإن آلة الخرسانة الخلوية المصنعة من قبل. لوكا وشركاه تستطيع إنجاز عدة

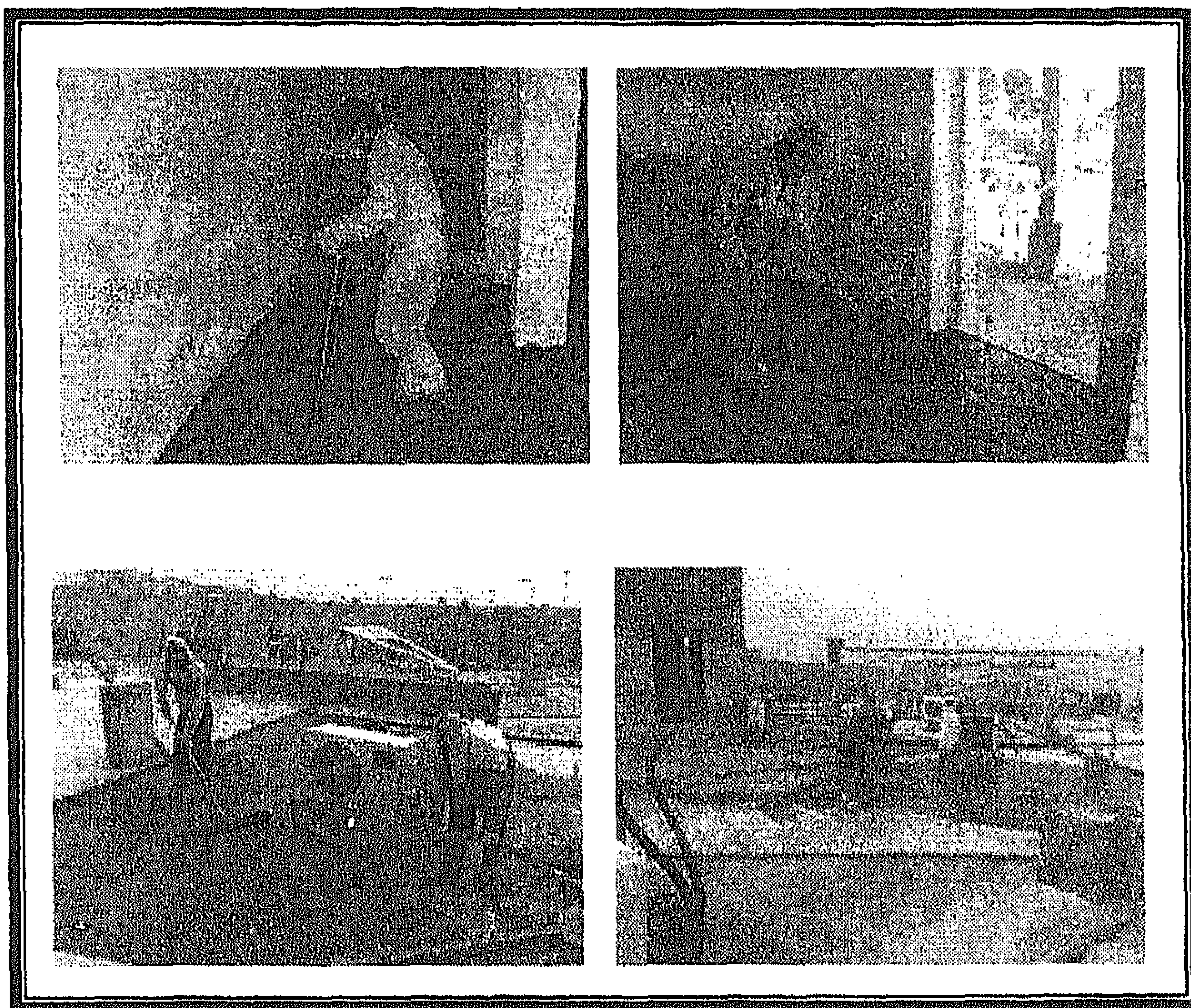
منازل بسهولة في يوم واحد حيث يلزم وضع القوالب التي تشكل الجدران ويتم بعد ذلك ملء هذه القوالب بالخرسانة الخلوية ولا تستلزم العملية لاحقاً سوى إزالة القوالب بعد جفاف الخرسانة.



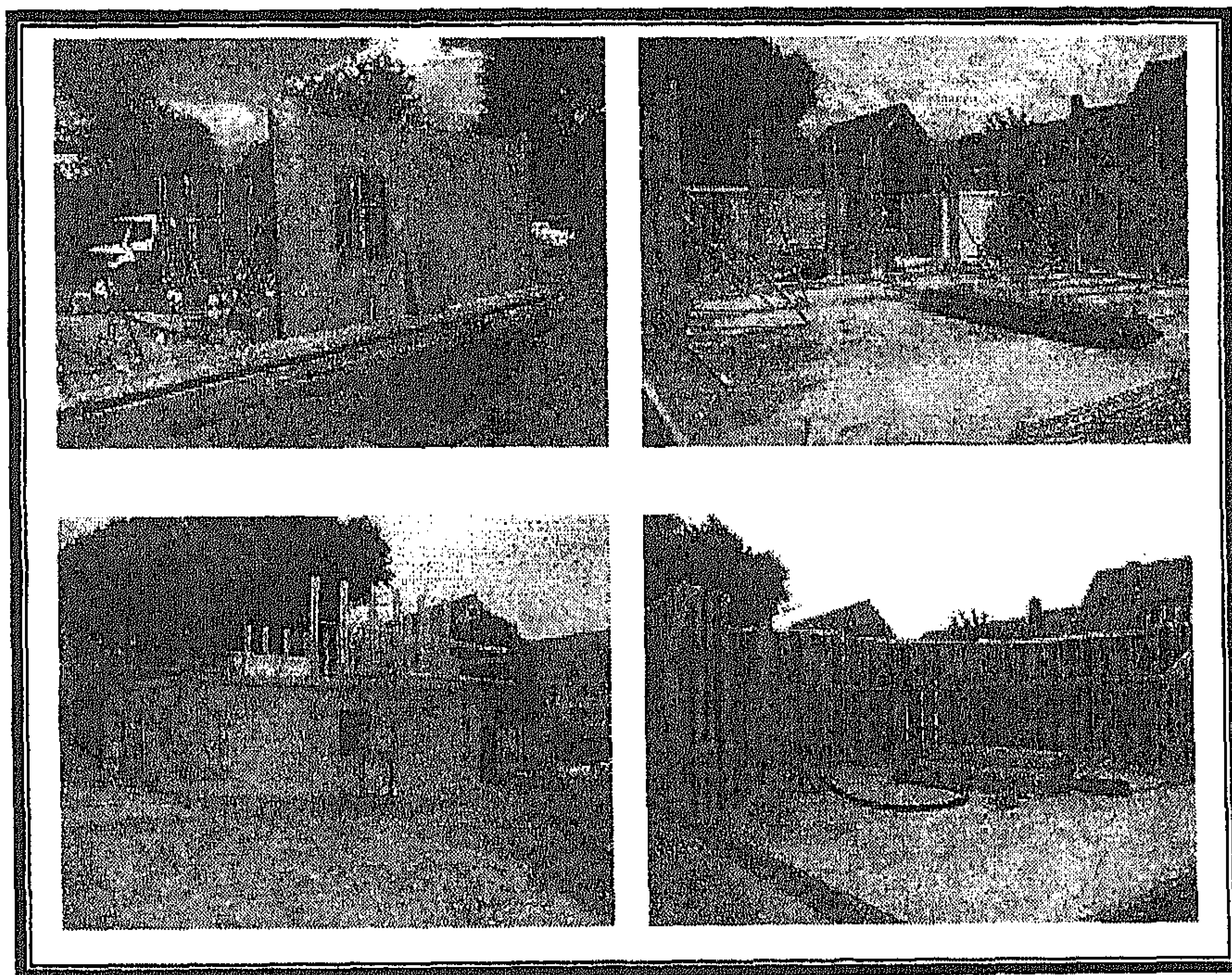
استخدام الجدران



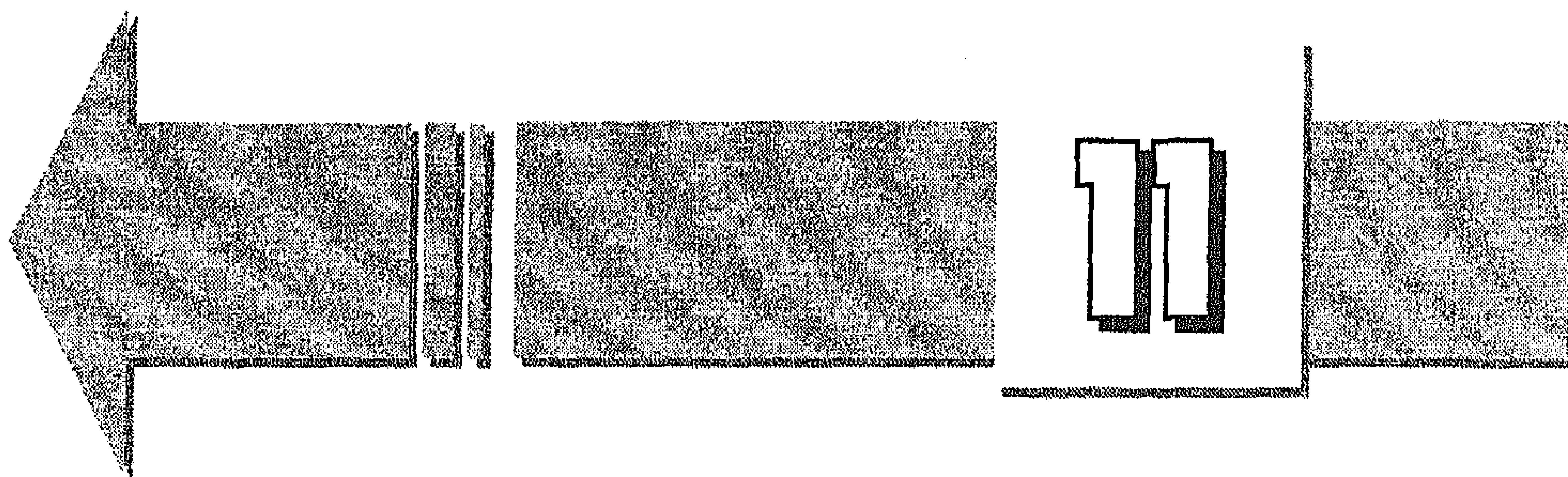
استخدام القوالب والطابوق



استخدام الأرضيات والأسقف



استخدامات مختلفة



الوحدة الحادية عشر

الخرسانة مسبقة الصنع

الخرسانة مسبقة الصنع

الخرسانة مسبقة الصب هي طريقة للبناء كإحدى الطرق العديدة التي عرفها الإنسان ومما لا شك فيه أنها طريقة للبناء من أكثر طرق البناء شيوعا في العالم. والخرسانة مسبقة الصب هي أي عنصر من عناصر البناء يمكن صبه خارج المبنى ثم تركيبه، وعليه فيمكن أن يكون المشروع مكونا من عناصر مصبوبة خارج المشروع وأخرى يتم صبها خارج المبنى. هناك الطرق العديدة من البناء بالخرسانة مسبقة الصب وهي متنوعة وعديدة لا يمكن حصرها بسهولة. ولكن يجب أن ننبه إلى أن المشاريع الصغيرة يمكن أن تبنى بواسطة الخرسانة مسبقة الصب إذا كانت عناصرها تصنع بطريقة مديولية متكررة مثل بلاطات الهلوكور وعليه فهي لا تحتاج إلى فورمات خاصة للمشروع أما إذا كانت تحتاج إلى فورمات خاصة فلا بد أن تكون بكميات كبيرة أي ما يكفي لتغطية تكاليف الفورم أو القالب.

إن المنشات مسبقة الصنع من الناحية الإنشائية لا تختلف كثيرا عن دراسة المنشات العادية Cast in place ولكن يكون هناك اختلاف بسيط في التصميم حيث تكون العناصر للمنشأ مسبقة الصنع في الأغلب ذات الاستناد البسيط وذات مجاز بحر من فتحة واحدة سواء للجوائز أو البلاطات. ويتم تصميم هذه المنشات لمقاومة الرياح والزلازل.

أما بخصوص تنفيذ العقد الوصلات Joints ففي معظم الحالات يتم وصل الحديد في الوصلة باللحام حديد التسليح ومن ثم تعبئة الوصلة بمادة Non Shrinkage Grout أو خرسانة عالية القوة وقابلية التشغيل عالية.

وكثيرا ما ترتبط الخرسانة مسبقة الصنع في الشد السابق أو الشد اللاحق وخصوصا في الجسور أو الجوائز (الكمرات ذات المجاز الطويل).

الخرسانة مسبقة الصب نوعين Pre Cast وPre Stress والأولى عادية أي استخداماتها في عتب الأبواب والشبابيك وتصنع بإشكال جاهزة أي مصبات مخصصة بحديد أو من دون حديد (تسليح) والباع دائما بسيط. والثاني أي Pre

Stress دائما بمجازات كبيرة جدا وفائدتها صغر الحجم الخرساني المصنع وتحمل الإزاحات الكبيرة وامتصاص التشققات والصدمات وتستخدم في المنشات الضخمة مثل الكباري والجسور ويكون من ضمن المحتويات المصنعة لها الخرسانة والركام (الخشن والناعم) حديد التسليح المناسب للقطاع وألياف قوية جدا من السلك (ويسمى بالخرسانة مسبقة الإجهاد أو الشد) بسبب عمليه شد هذه الألياف الموجودة داخل الخرسانة بعد جفافها تماما ولسرعة العمل بها تعالج بالبخار والتغطية بالمشمع لتجف بسرعة.

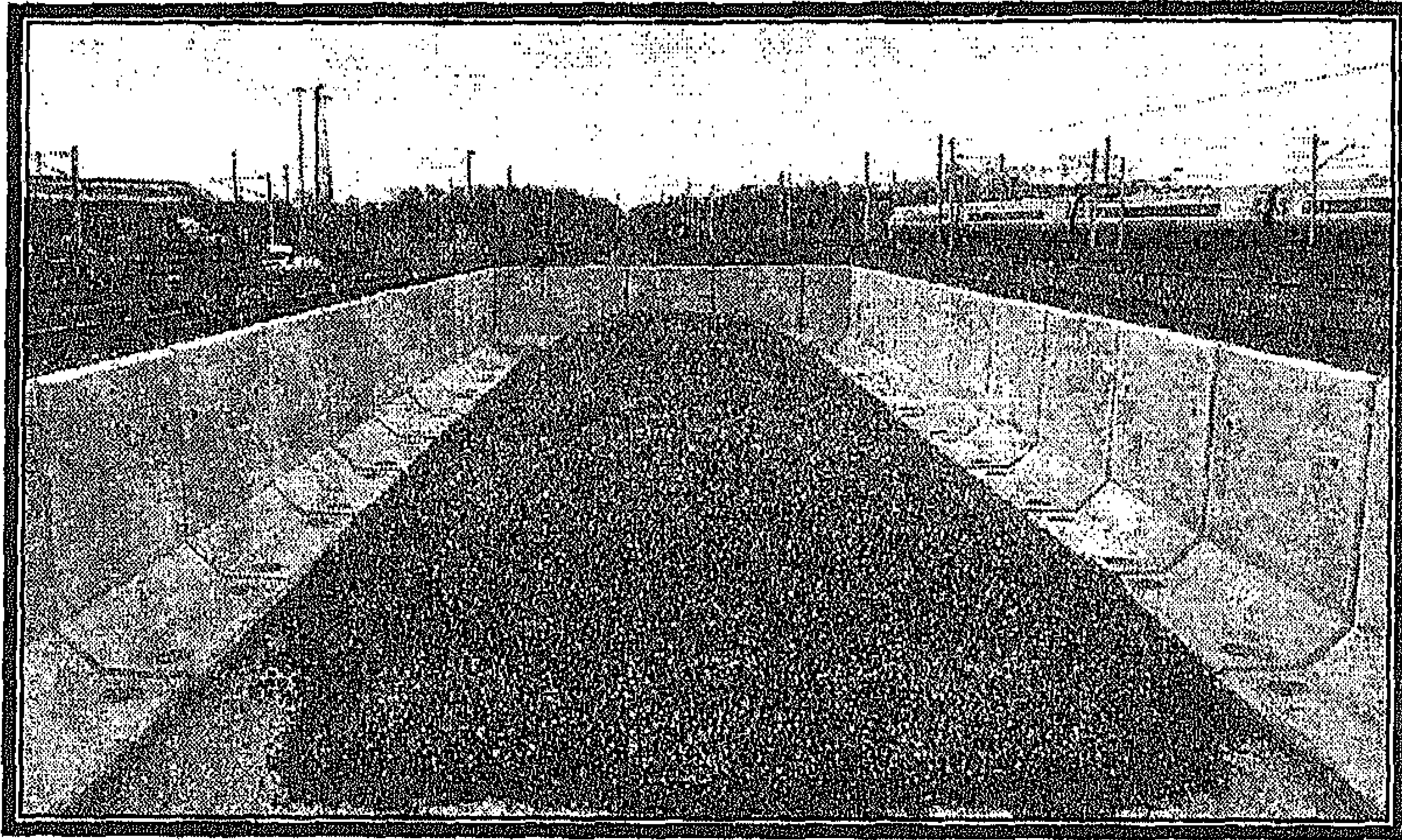
إن الخرسانة مسبقة الصنع لا تستخدم فقط في الأعمال الصغيرة مثل الأعتاب فهذا غير دقيق حيث يتم بناء بنايات ومواقف سيارات من الخرسانة مسبقة الصنع وقد يصل المجاز Span لهذه الأعمال حتى 10 م حيث يتم عمل القواعد Single footing & continuous Footing والأعمدة والجسور Beams وتكون إما مستطيلة أو على شكل حرف T والبلاطات بنوعيها Solid or Hollow Slab وجدران استنا دية Retaining Wall أو أسوار Boundary walls.

تنتج الكتل الخراسانية بأشكال وأحجام مختلفة وتستعمل في الجدران الحاملة والجدران القاطعة (الفواصل) وهي على نوعين:

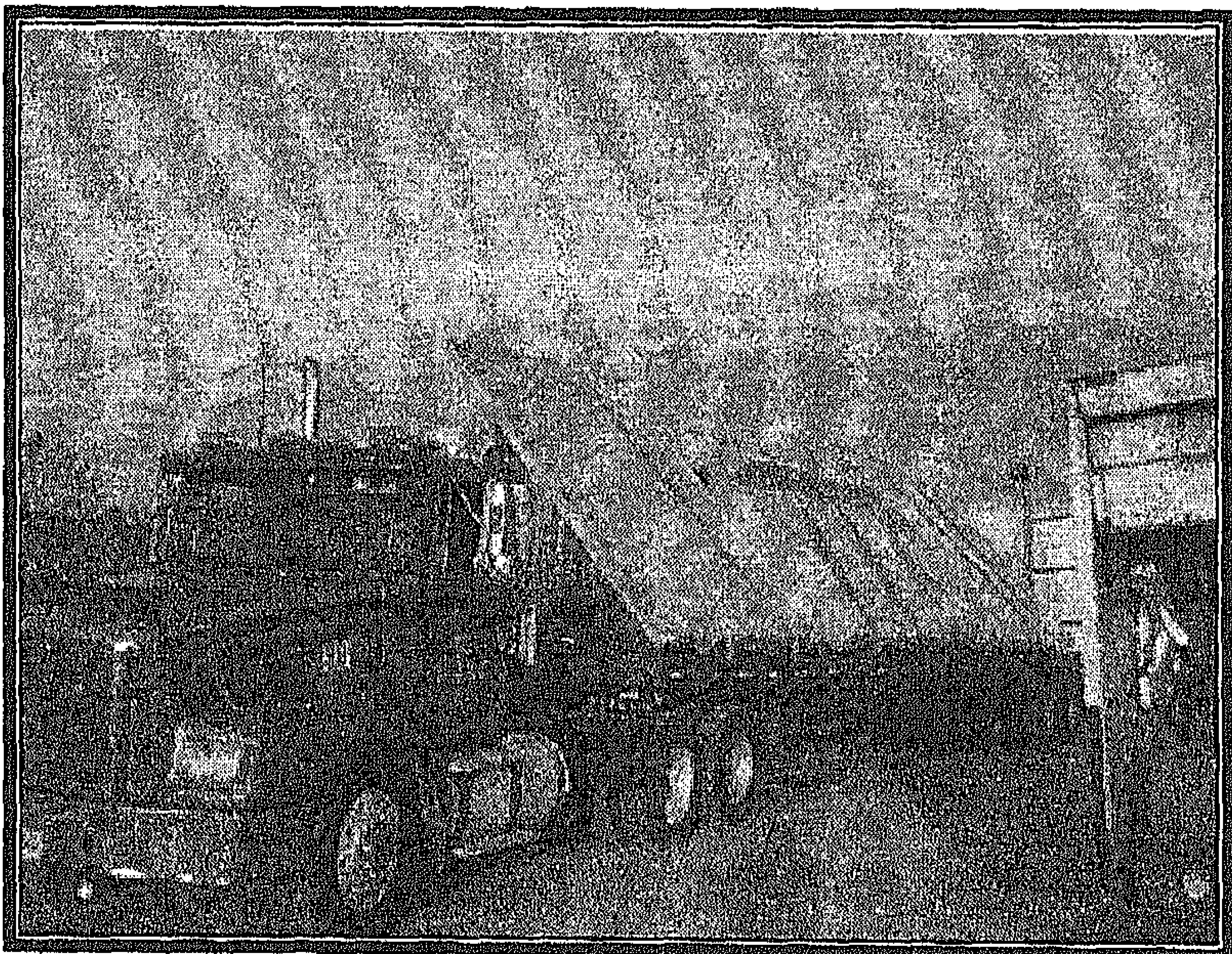
1. الكتل الخرسانية الصلدة: وهي قليلة الاستخدام وذلك لثقل وزنها وصعوبة تماسكها مع المونة المستعملة في عمليات البناء.
2. الكتل الخرسانية المجوفة: وهي أكثر انتشاراً في أعمال البناء المختلفة وذلك بسبب وزنها الخفيف وقلة استخدام المواد الأولية التي تستعمل في صناعتها (اقتصادية) ولها ميزات العزل للصوت والحرارة، وكذلك سرعة الإنجاز في عمليات البناء إذا ما قورنت بالخرسانة الصلدة التقليدية.

ويتم عملية إنتاج الكتل الخرسانية ضمن المكونات التقليدية للخرسانة وهي من خلطة من الأسمنت والركام والرمل والماء والذي بالطبع بنسب معينة وهذه النسب هي: (1: 2: 4) أو بنسبة (1 : 8 : 16) وذلك اعتماداً على نوعية الأحمال التي يتطلب من هذه الكتل حملها. ويشترط في أن تكون الخلطة شبه جافة

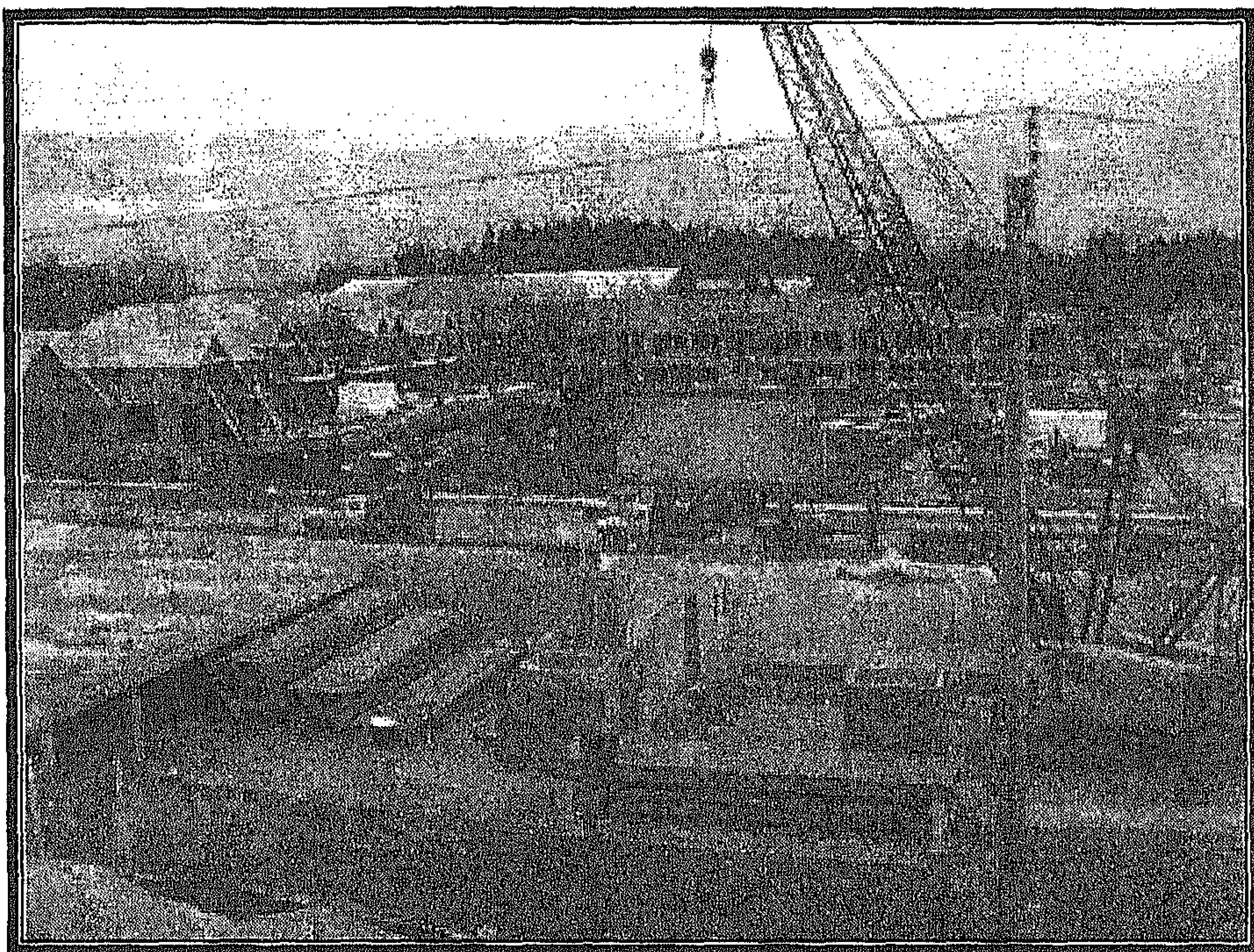
قليلة الرطوبة ليم عمليا الكبس داخل قوالب حديدية مع استعمال أجهزة الاهتزاز المستمر لجعل الكتلة أكثر تماسكاً وتراصاً وأقل مسامية وذات كثافة عالية. ثم بعد ذلك يتم إزالة القوالب وتترك مدة من الزمن لا تقل عن 24 ساعة بحيث تنقل بعد ذلك إلى مخازن رطبة وترش بالماء لمدة 72 ساعة لتكتسب التصلب اللازم ثم تترك لمدة شهر لتكون جاهزة لعمليات البناء بعد أن تكون قد وصلت إلى درجة التصلب النهائي.



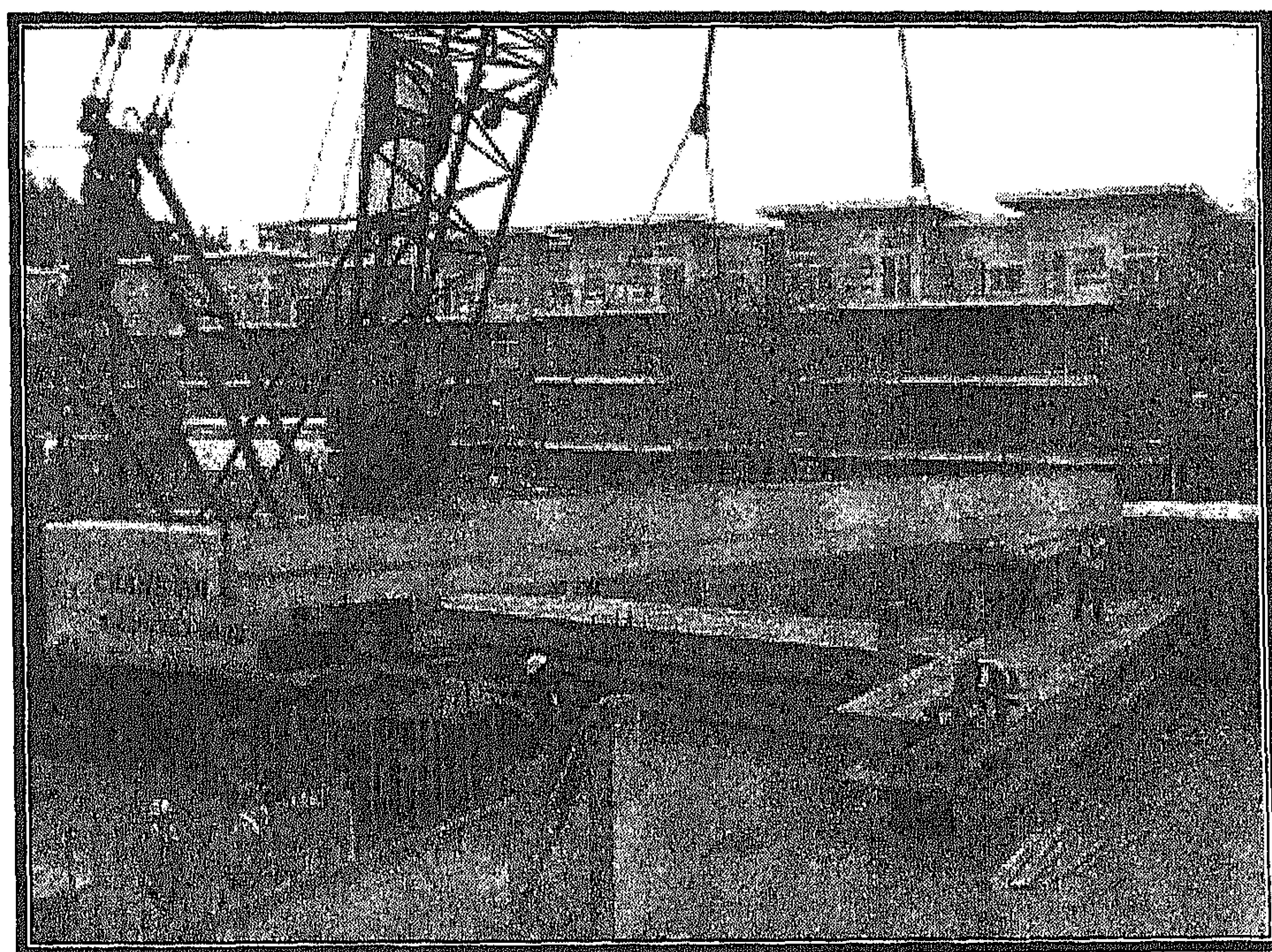
كتل خرسانية تستعمل للتخزين



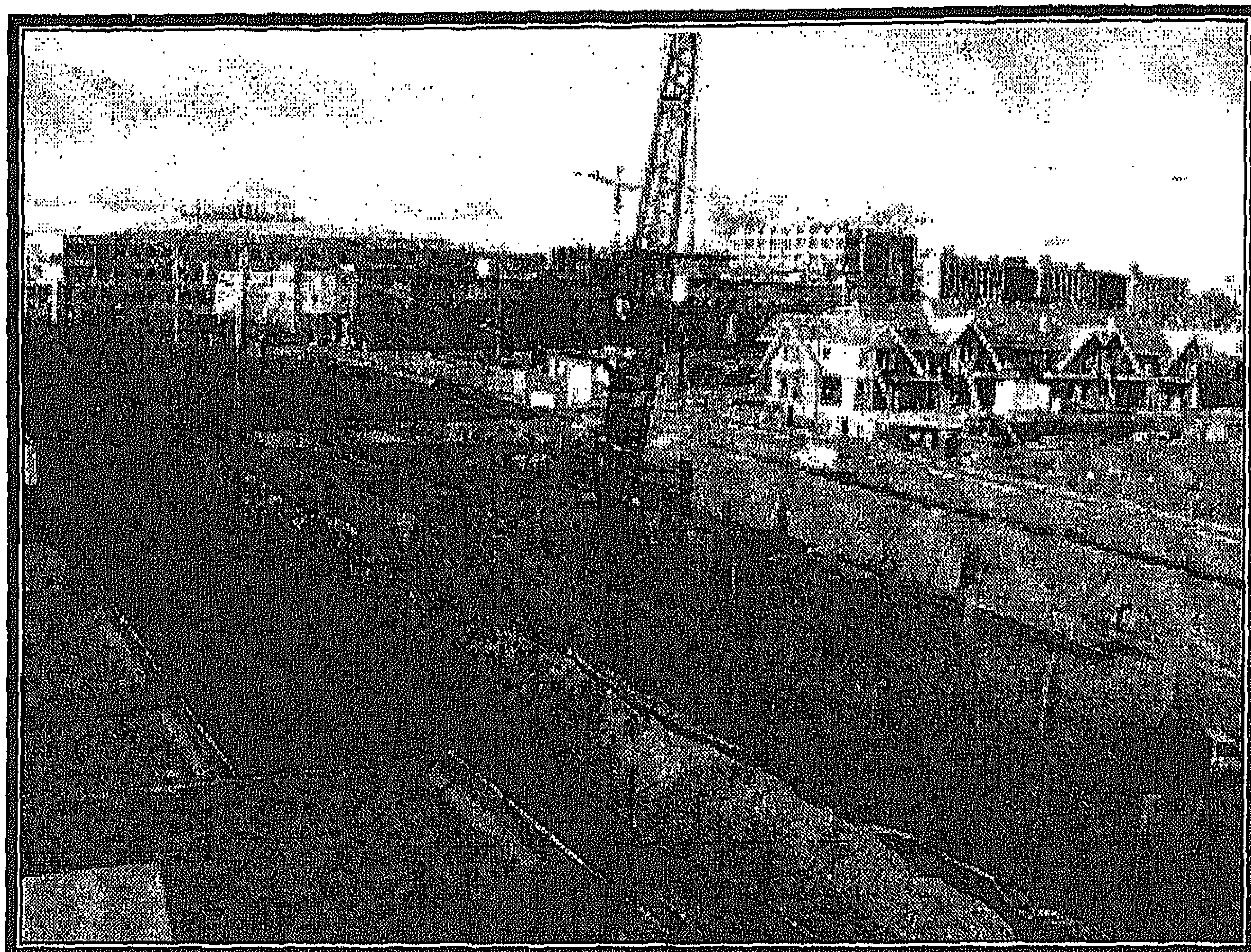
عمليات نقل الكتل الخرسانية



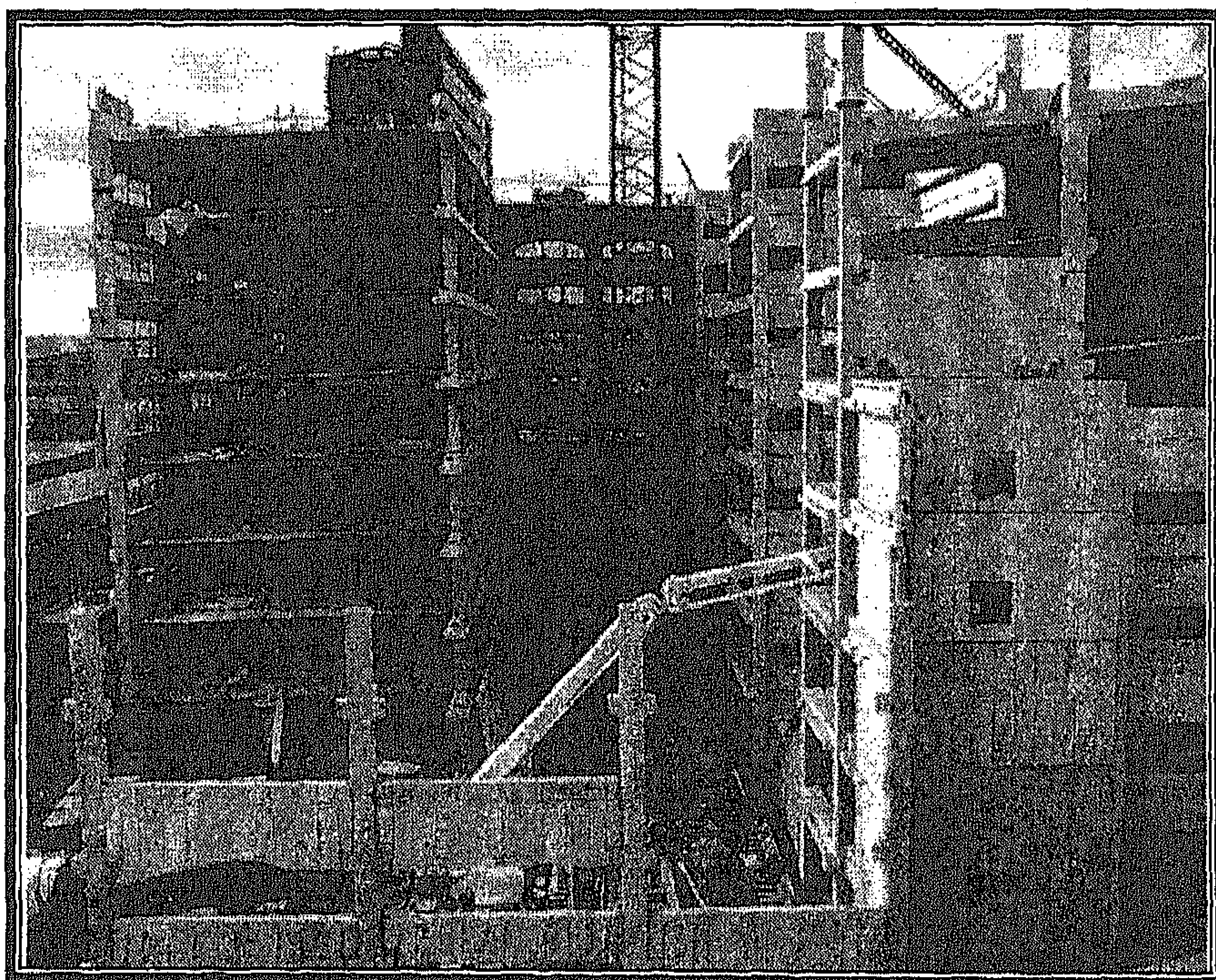
عمليات التركيب للكتل الخرسانية



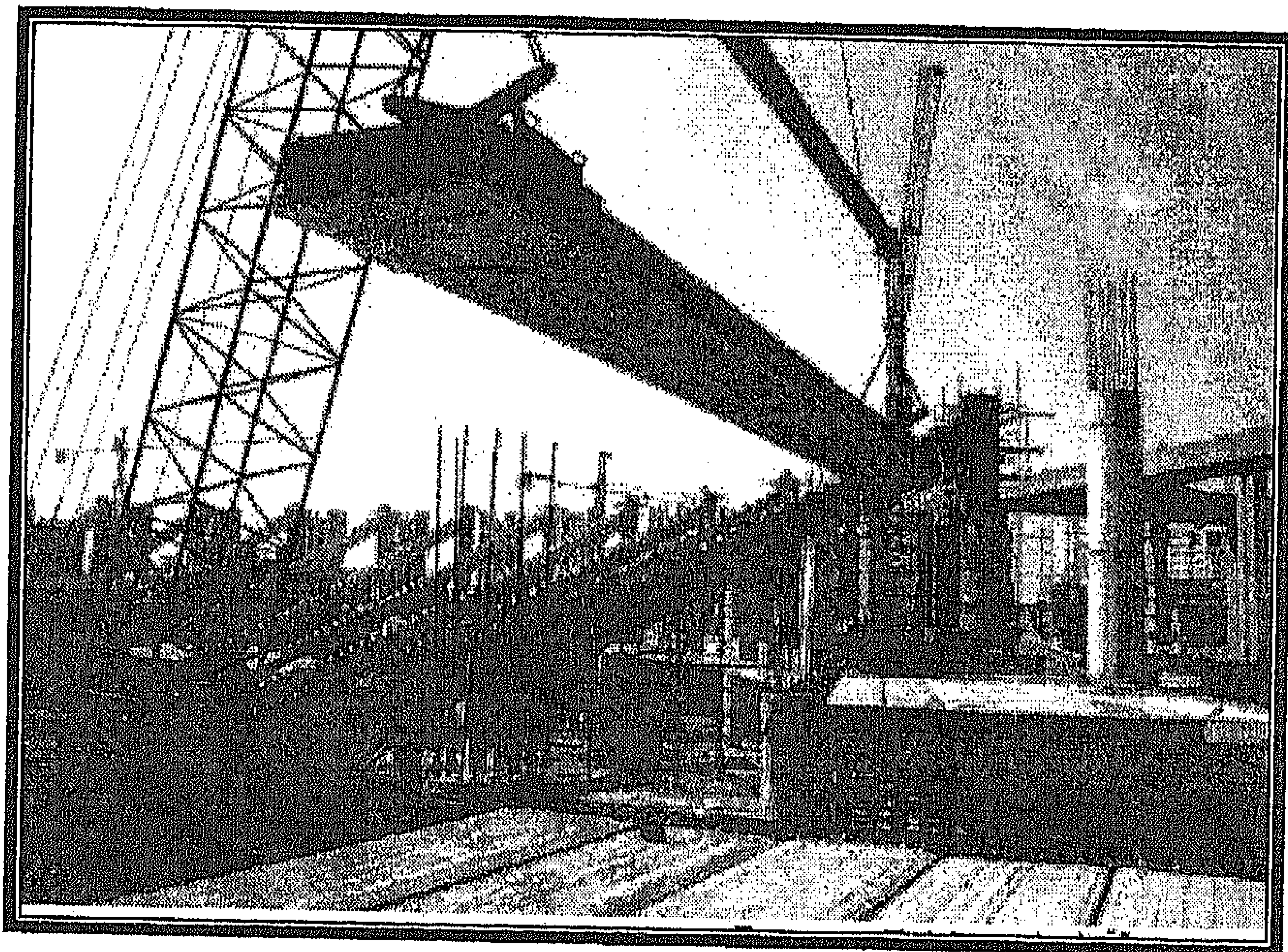
كتل خرسانية مختلفة



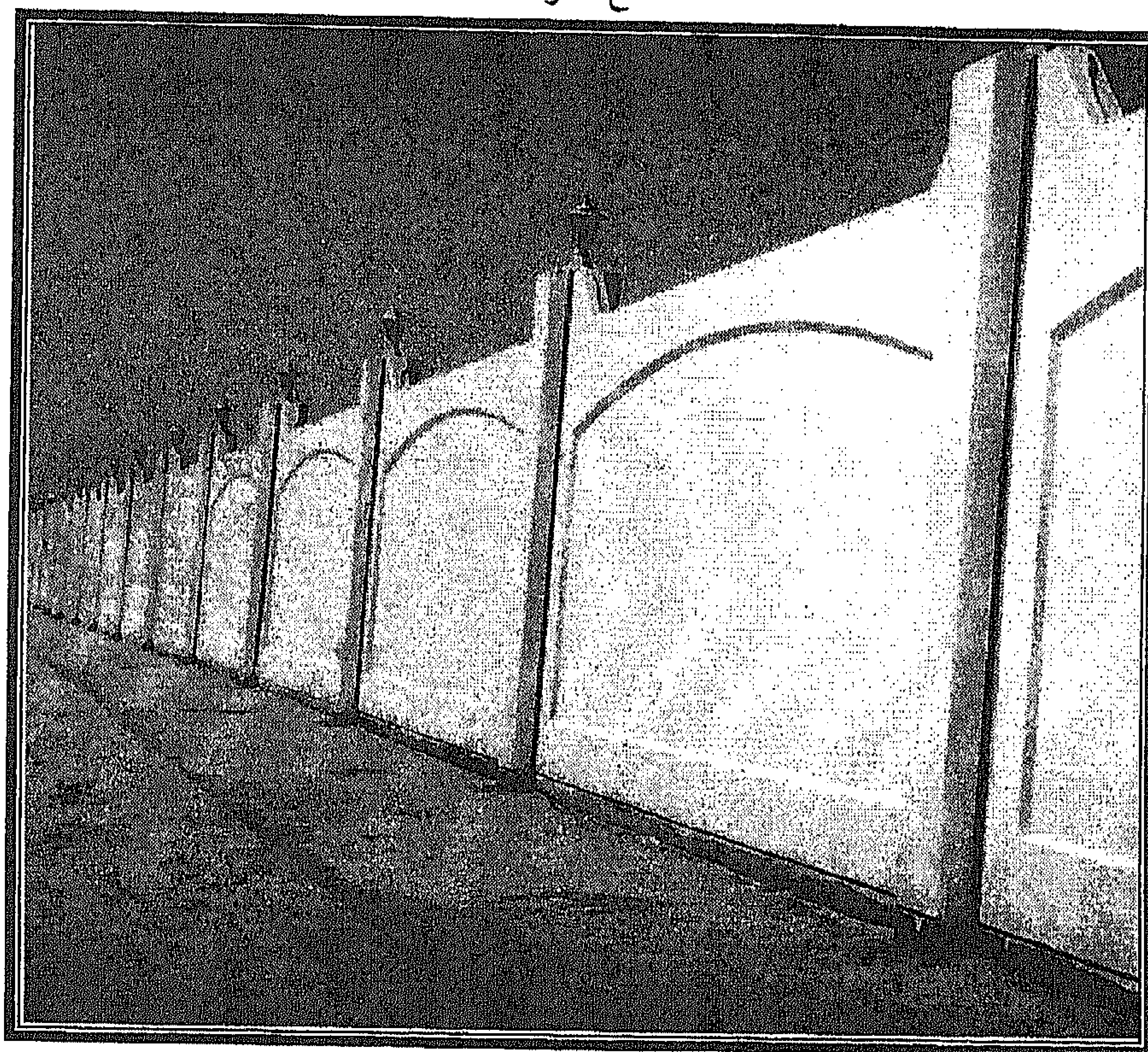
كتل خرسانية مختلفة



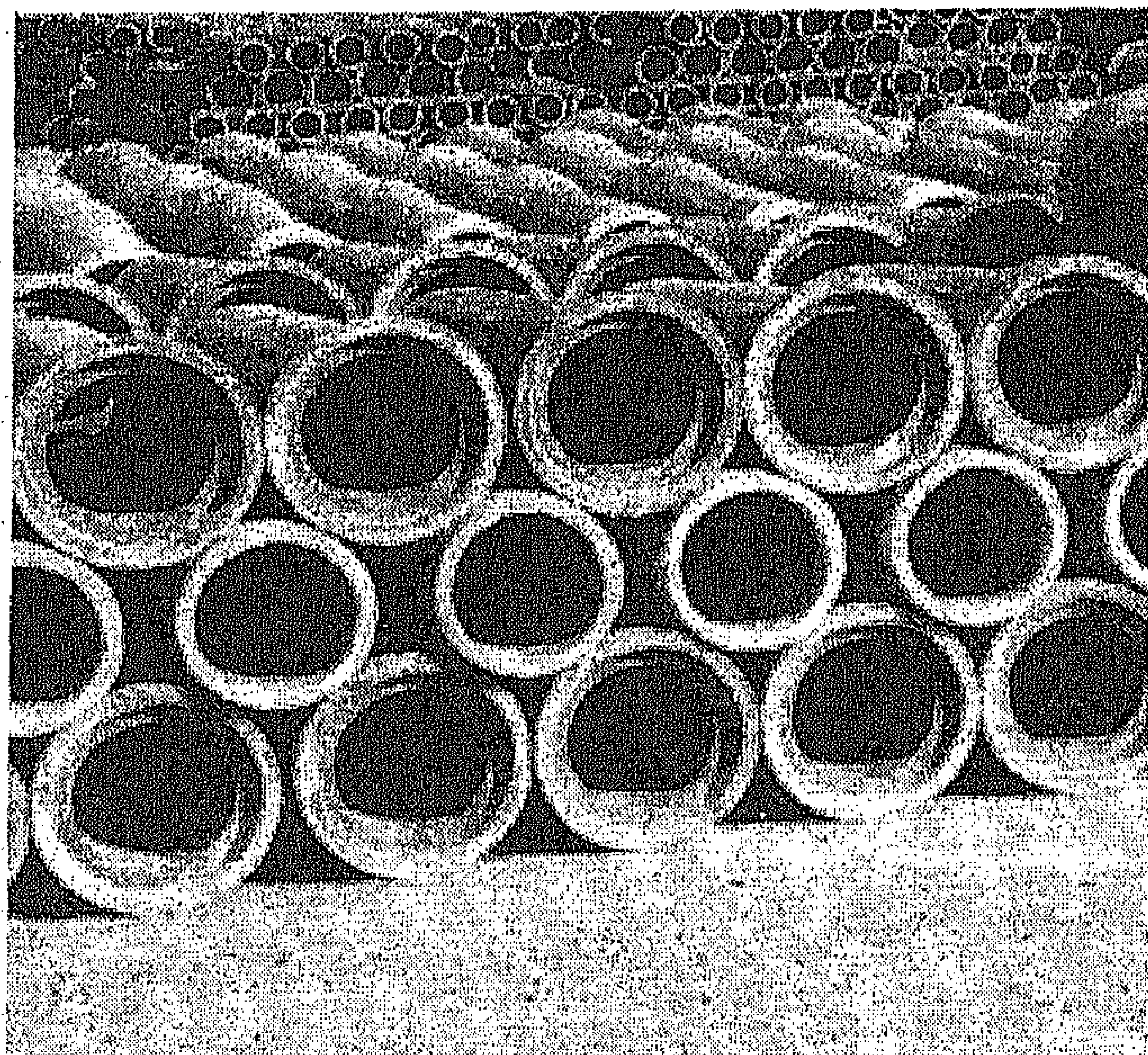
عمليات البناء بالخرسانة المسبقة الصب

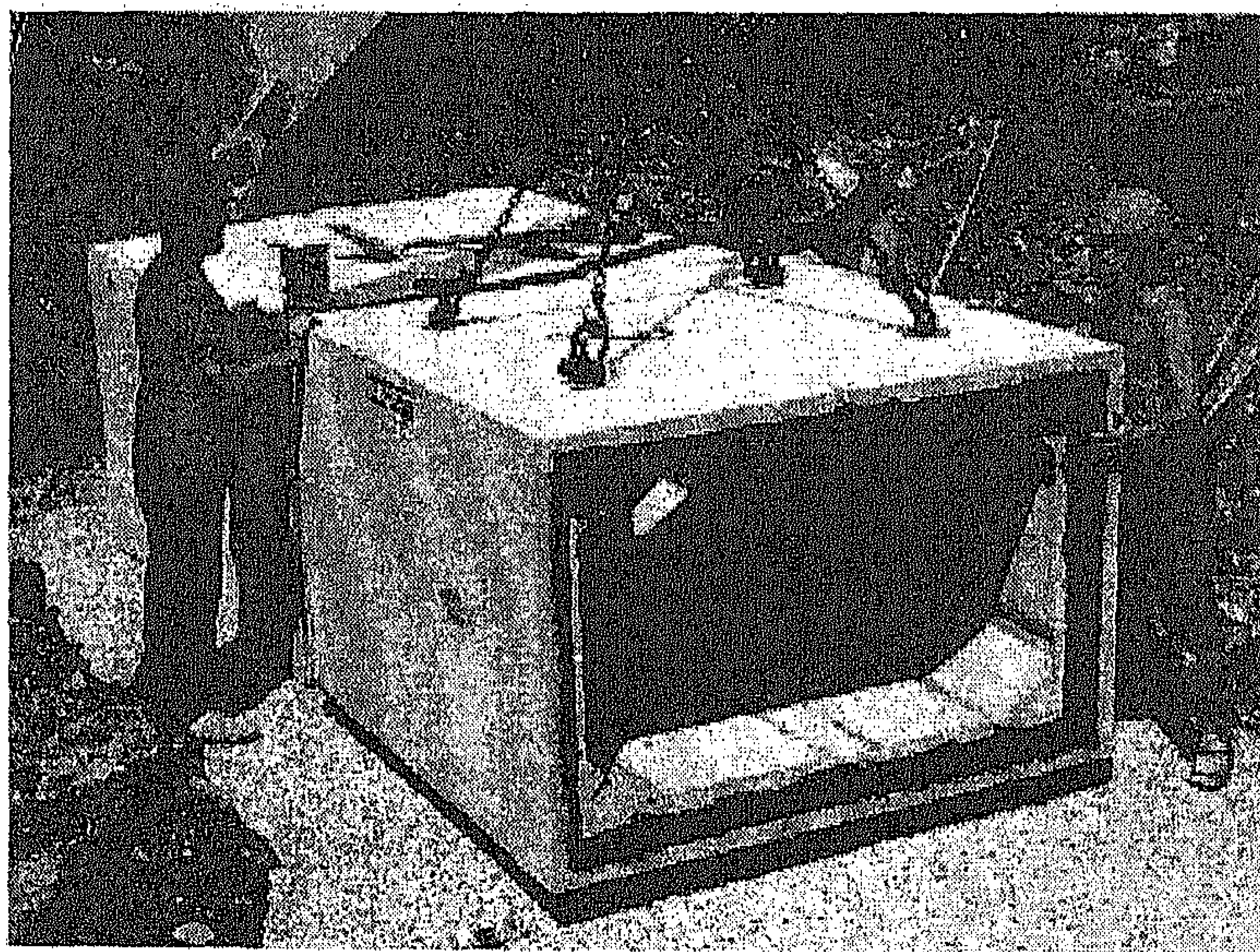


قطع مفرغة



أسوار خارجية





عبارات ومواسير فخار

الأسباب المؤدية إلى استخدام الخرسانة مسبقة الصب:

هناك العديد من الأسباب التي أدت إلى استخدام هذا النوع من الخرسانة وأهم هذه الأسباب:

1. سرعة الإنجاز وذلك بسبب حجمها الكبير.
2. خفة وزنها الأمر الذي يؤدي إلى سهولة في الاستعمال وخاصة المجوفة منها.
3. قوة ومتانة الربط الأفقي والعمودي فيها بسبب قلة الفاصل البنائية.
4. انتظام أشكالها وحجومها وحوافها الحادة واستواء وجهيها خاصة في بناء الجدران.
5. الاقتصاد في مونة الربط والبياض الداخلي.

سلبيات استخدام الكتل الخرسانية في الأبنية:

وكما لكل شيء له من الإيجابيات لا بد على الصعيد الآخر بعض المساوئ والسلبيات لهذا النوع من الخرسانة وأهم هذه السلبيات ما يلي:

1. قلة قدرتها على عزل الصوت والحرارة:

لا تعتبر الخرسانة مادة عازلة وذلك لتماسك جزيئاتها ولكثافتها العالية وقلة مساماتها تجعل منها خالية من الفراغات التي تسبب العزل .

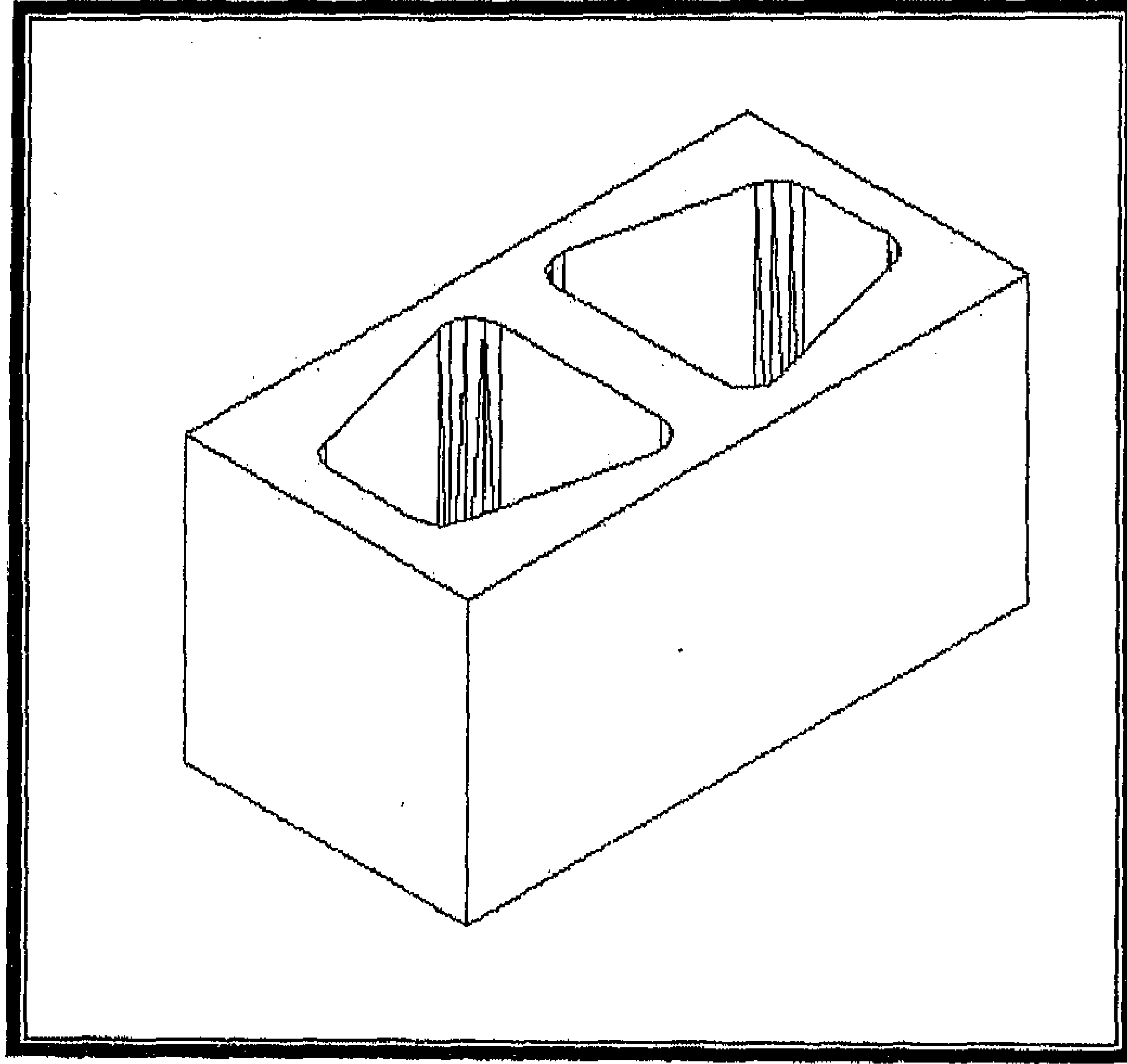
2. معامل التمدد:

لا شك إن عامل التمدد في الكتل الخرسانة أكبر بكثير من عامل التمدد المستخدم في الطوب والطابوق وذلك كون الإسمنت المستخدم في صناعة هذه الكتل يصيبه التشقق فخاصة في مواد الإنهاء والتشطيب الداخلية والخارجية بسبب اختلاف درجات الحرارة وعوامل التمدد بين الخرسانة ومواد الإنهاء التي يجب معالجتها لضمان أسطح خالية من العيوب.

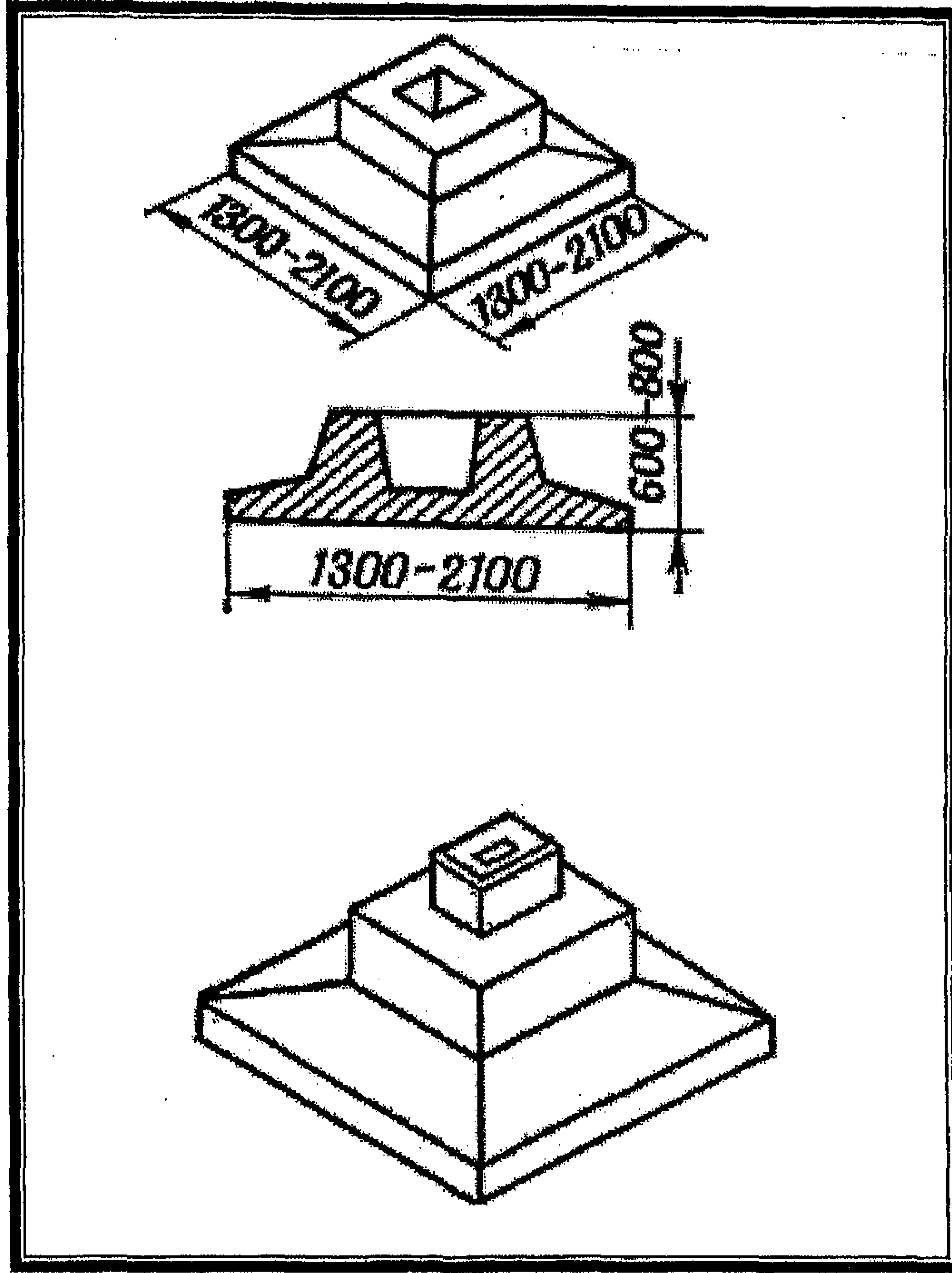
استعمالات الكتل الخرسانية:

تستعمل الكتل الخرسانية في أجزاء بنائية مختلفة، حيث تختلف هذه الكتل أشكالاً وحجوماً حسب أماكن استخدامها وأشهر استخداماتها فيما يلي:

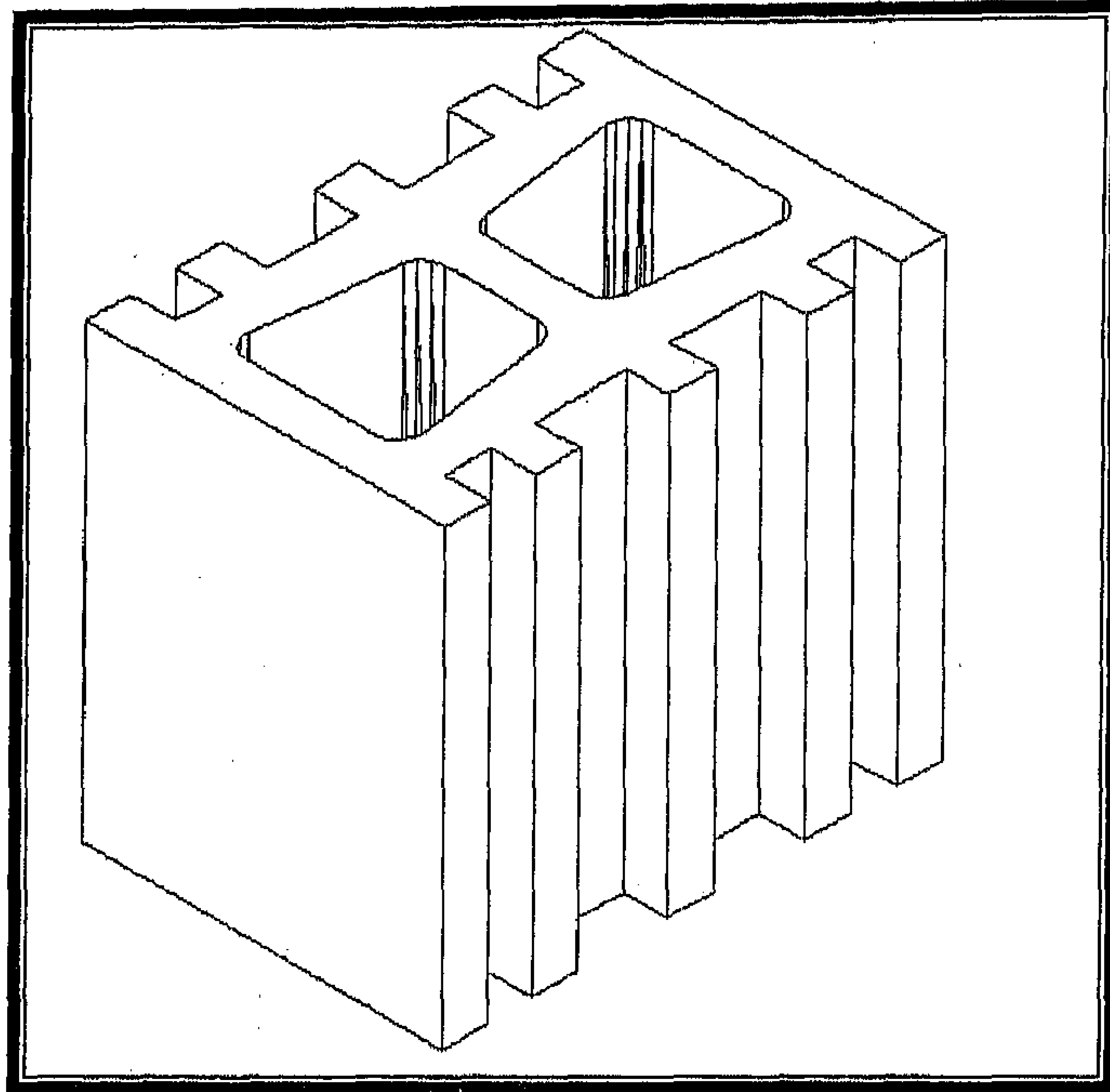
1. **الأعمدة:** تنتج الكتل الخاصة بالأعمدة بأبعاد مختلفة وذلك حسب الأبعاد التالية (20 × 20 ×40) سم أو (20 × 30 × 40) سم وقد تكون صلدة أو مجوفة. وتتميز هذه الكتل باستواء السطوح الخارجية وتستعمل تجاويفها لتمرير قضبان حديد التسليح لتقوية الأعمدة وزيادة كفاءتها في تحملها للأثقال.



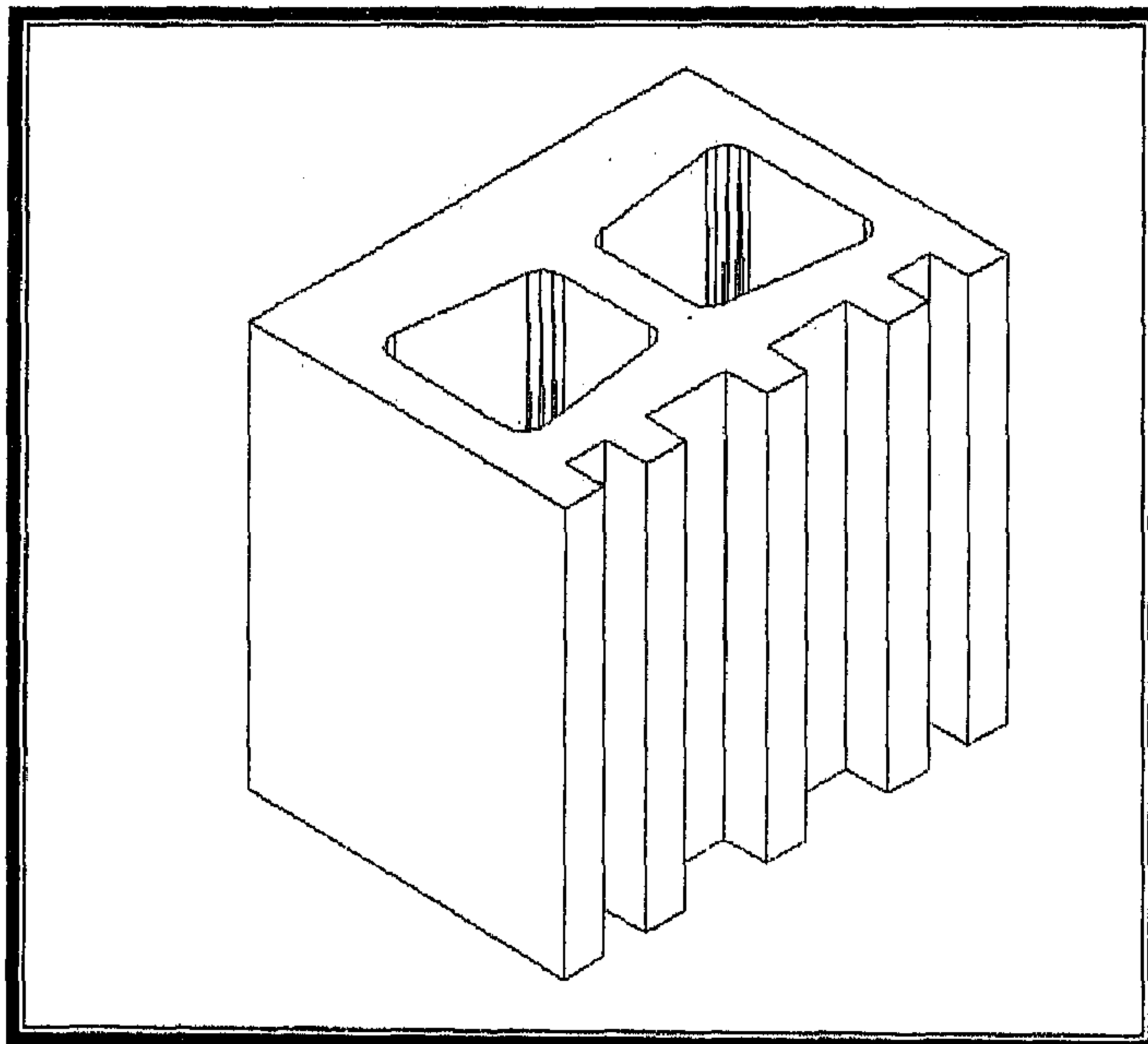
كتلة أعمدة



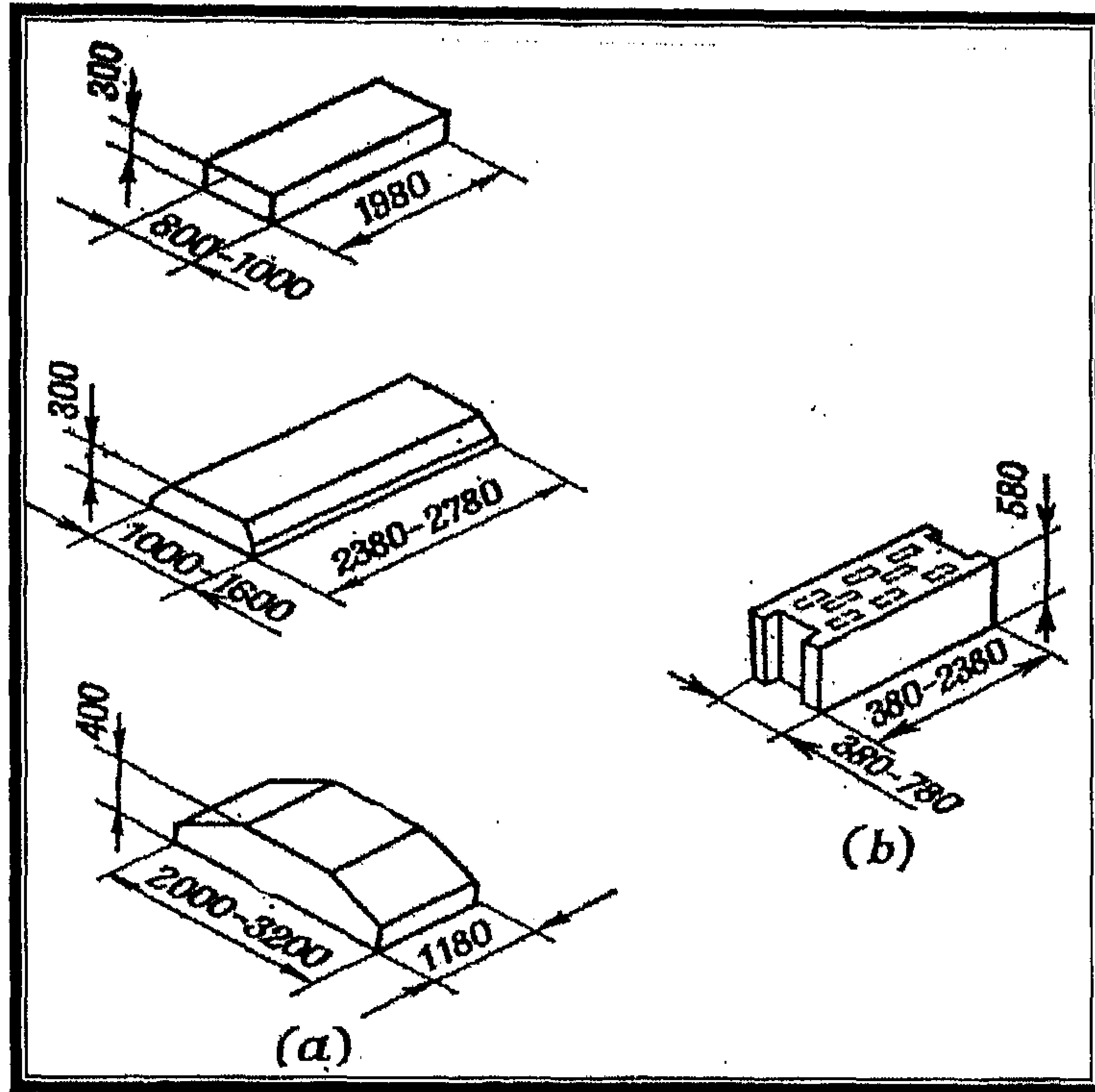
2. **الجدران:** تكون هذه الكتل إما صلدة أو مجوفة ويوجد منها نوعان الأول سطوحه مستوية وتكون بها عملية الربط بالجدران ضعيفة لعدم تماسكها بالمادة الرابطة. أما النوع الآخر فتكون ذات سطحين مستويين أما سطوحها الجانبية التي تجاور الكتل الأخرى أثناء عملية البناء فهي تحتوي على نتوءات تتقابل مع نتوءات الكتل التي تجاورها أثناء عمليات البناء لتزيد من تماسكها مع مواد الربط المستخدمة. كما يوجد نوع آخر من النوع الثاني تستعمل في إنهاء الأركان.



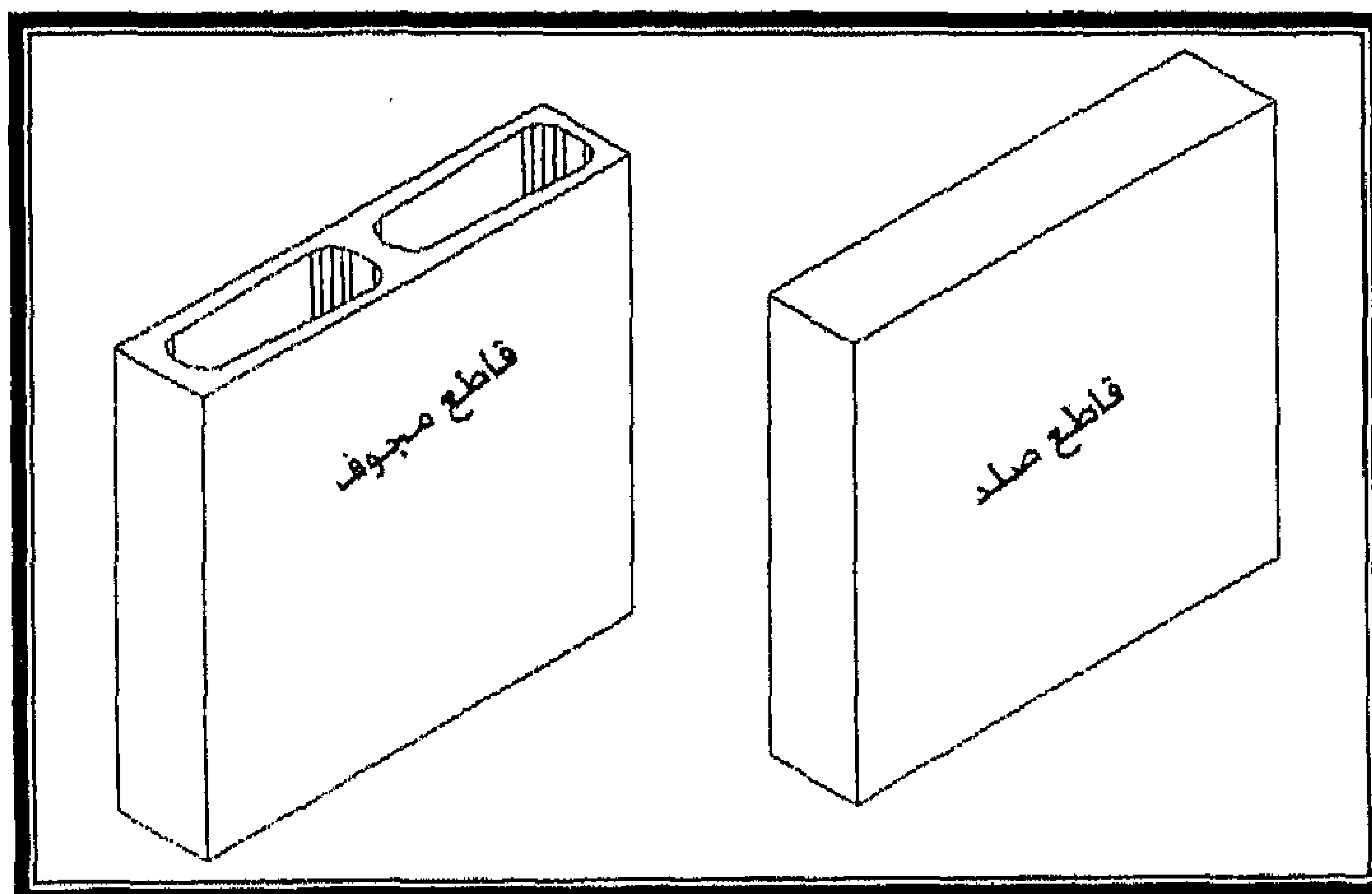
نوع متين يحتوي على نتوءات



نوع يستخدم لإنهاء الأركان

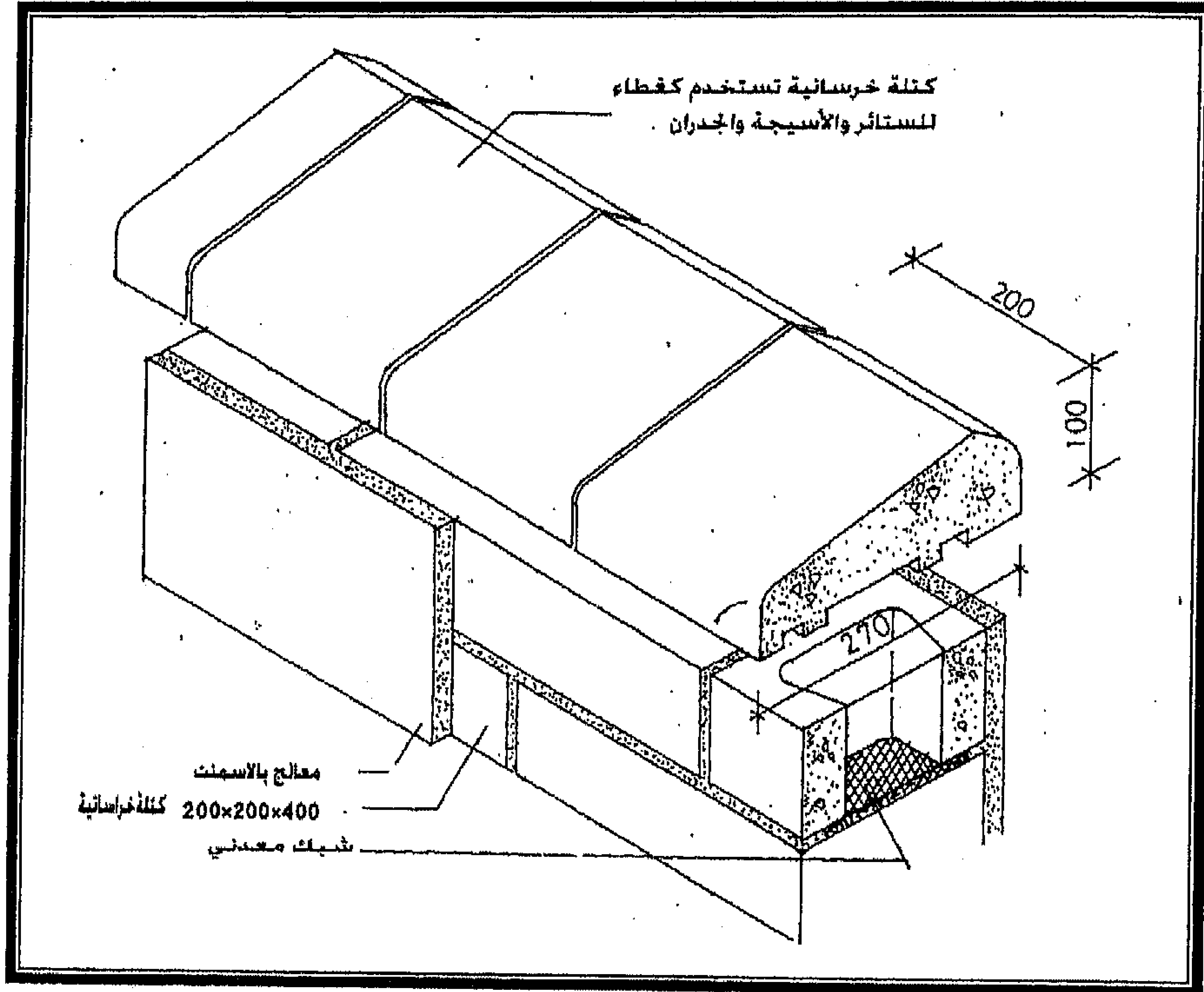


3. **القواطع:** يوجد من هذه الكتل نوعان أحدهما الكتل الصلبة الخالية من التجاويف وغير عازلة للصوت والحرارة والنوع الثاني المجوف العازل للصوت والحرارة وهو أكثر انتشاراً ونجاحاً في القواطع الداخلية. وتجدر الإشارة أن هذه القواطع غير مؤهلة لتحمل أي أثقال باستثناء وزنها.



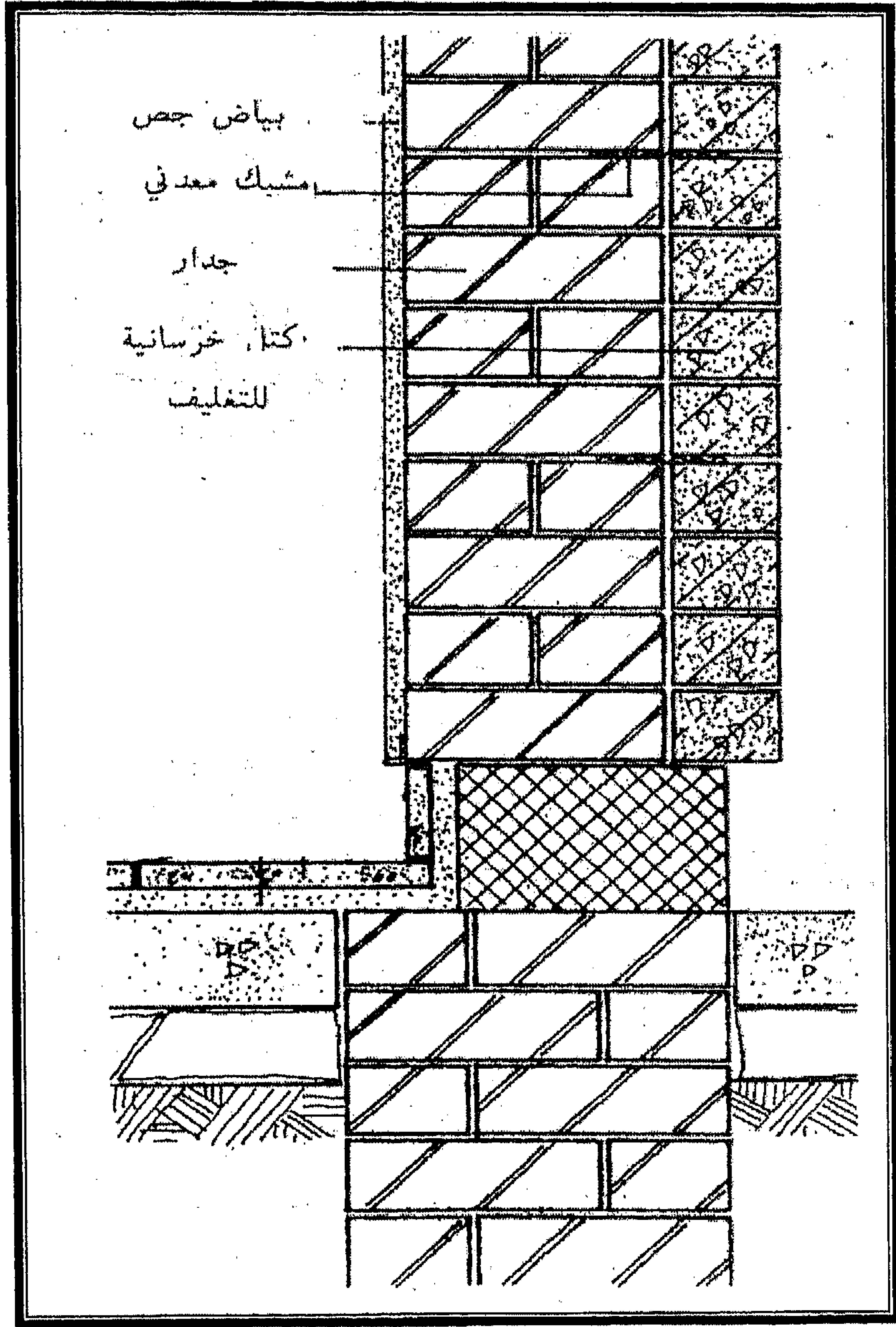
كما يوجد منها أشكال خماسية وثمانية ومستطيلة ومربعة.

4. **أغطية الجدران الخارجية والأسيجة والستائر :** وهي تمتاز بميلان سطحها العلوي لمنع تراكم الأتربة ومياه الأمطار عليها وأن سطوحها السفلية التي تواجه سطوح الكتل المستعملة في بناء الستائر والأسيجة والجدران الخارجية تحتوي على ثلاثة أخاديد تساعد على تماسك المواد الرابطة معها.



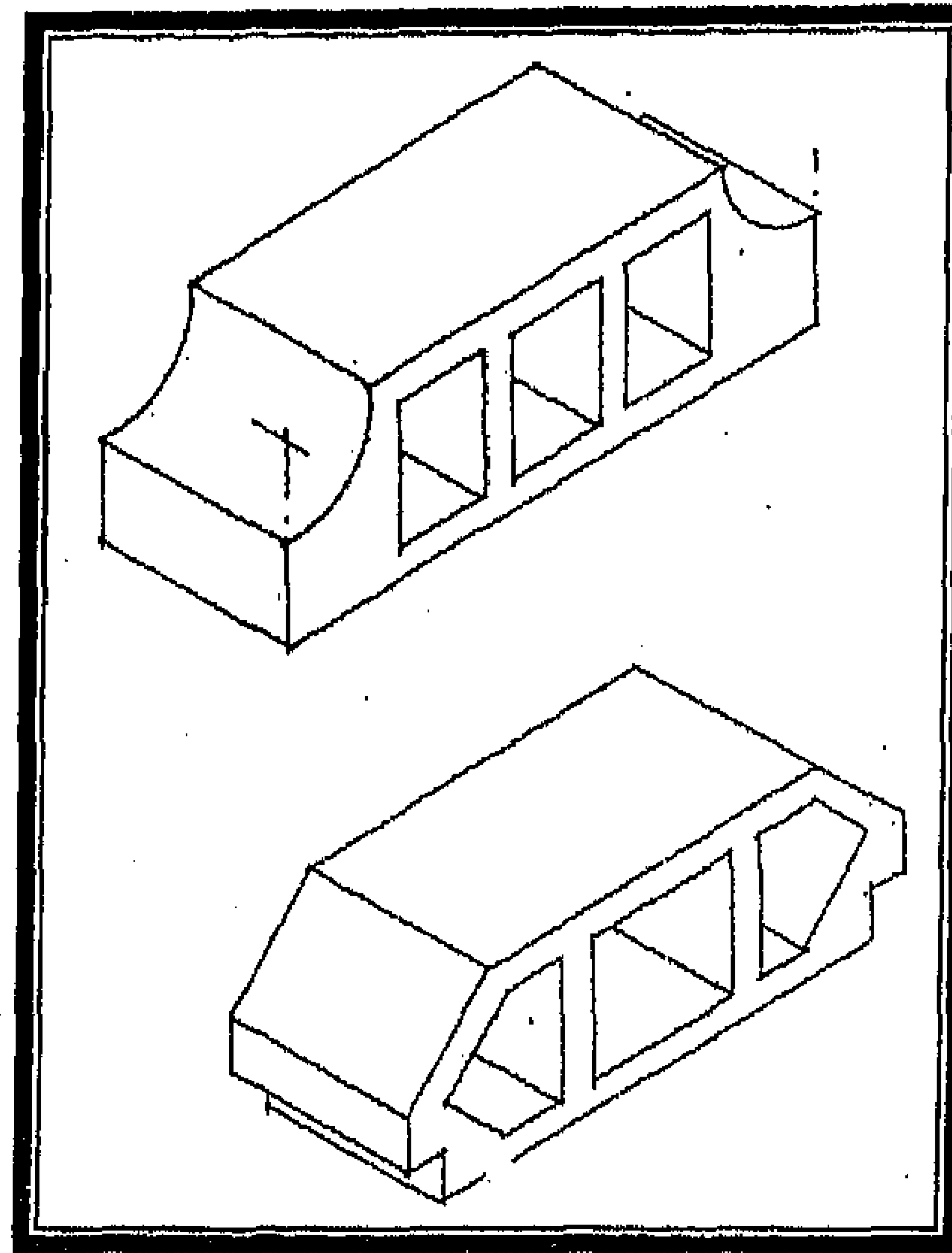
أغطية الجدران الخارجية والأسيجة والستائر

5. **التغليف الخارجي:** يتوافر من هذه الكتل ألوان مختلفة مثل الإسمنتي والأصفر والكحلي والأحمر وتستعمل لتغليف وإنهاء الجدران من الداخل والخارج. وطريقة ذلك أنه يتم استخدام شبك معدني يثبت في الجدار أثناء عملية البناء وعلى طول الجدار المراد تغليفه. أما الجدران المشيدة فإن هذه الكتل تثبت بها بواسطة كانات معدنية أو كلاليب عمودياً لكل 34 سم وأفقيا لكل 150 سم لمنعها من الانفصال عن الجدار كما تستعمل المونة كمادة رابطة أثناء عمليات البناء.

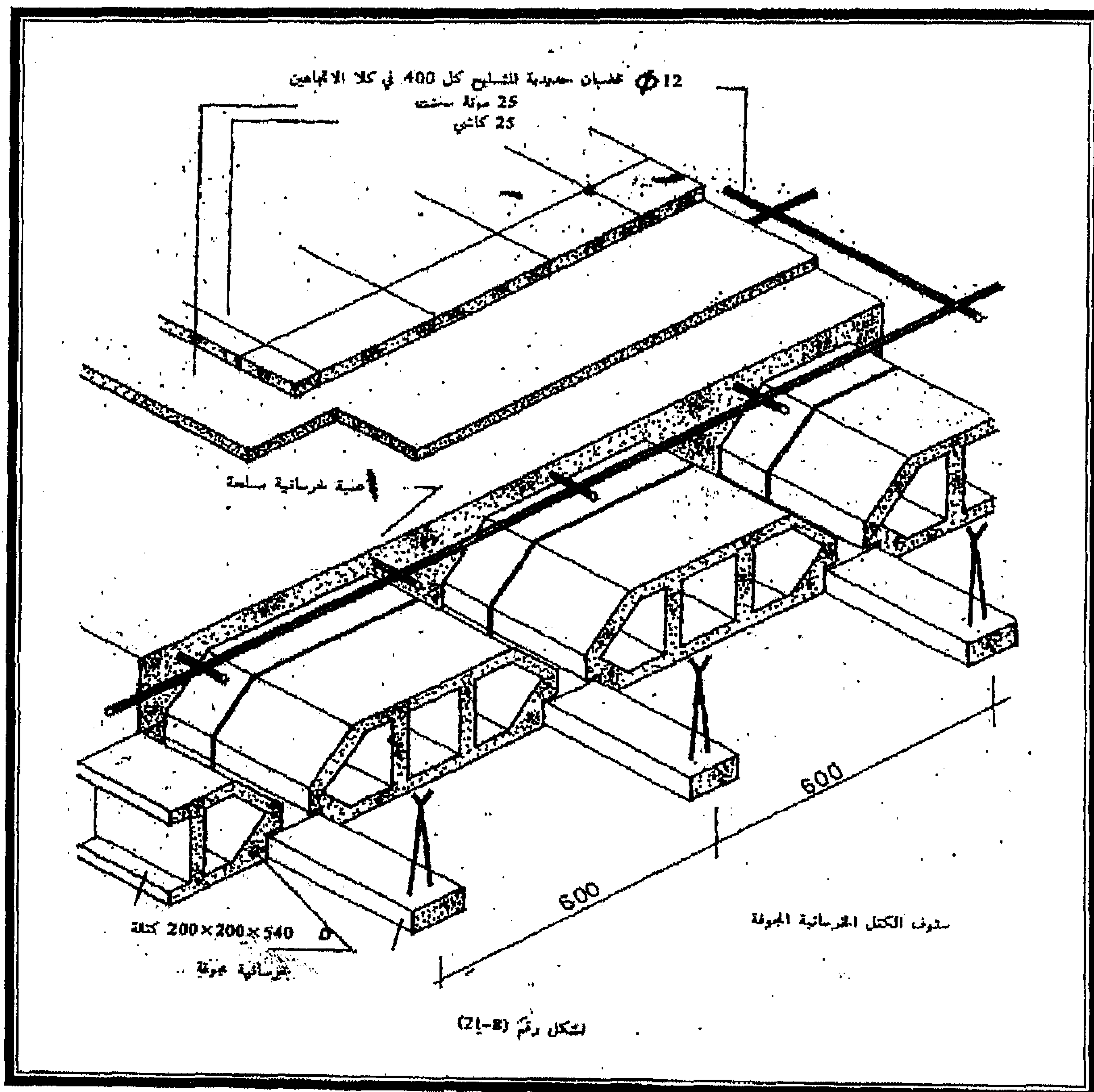


كتل التغليف

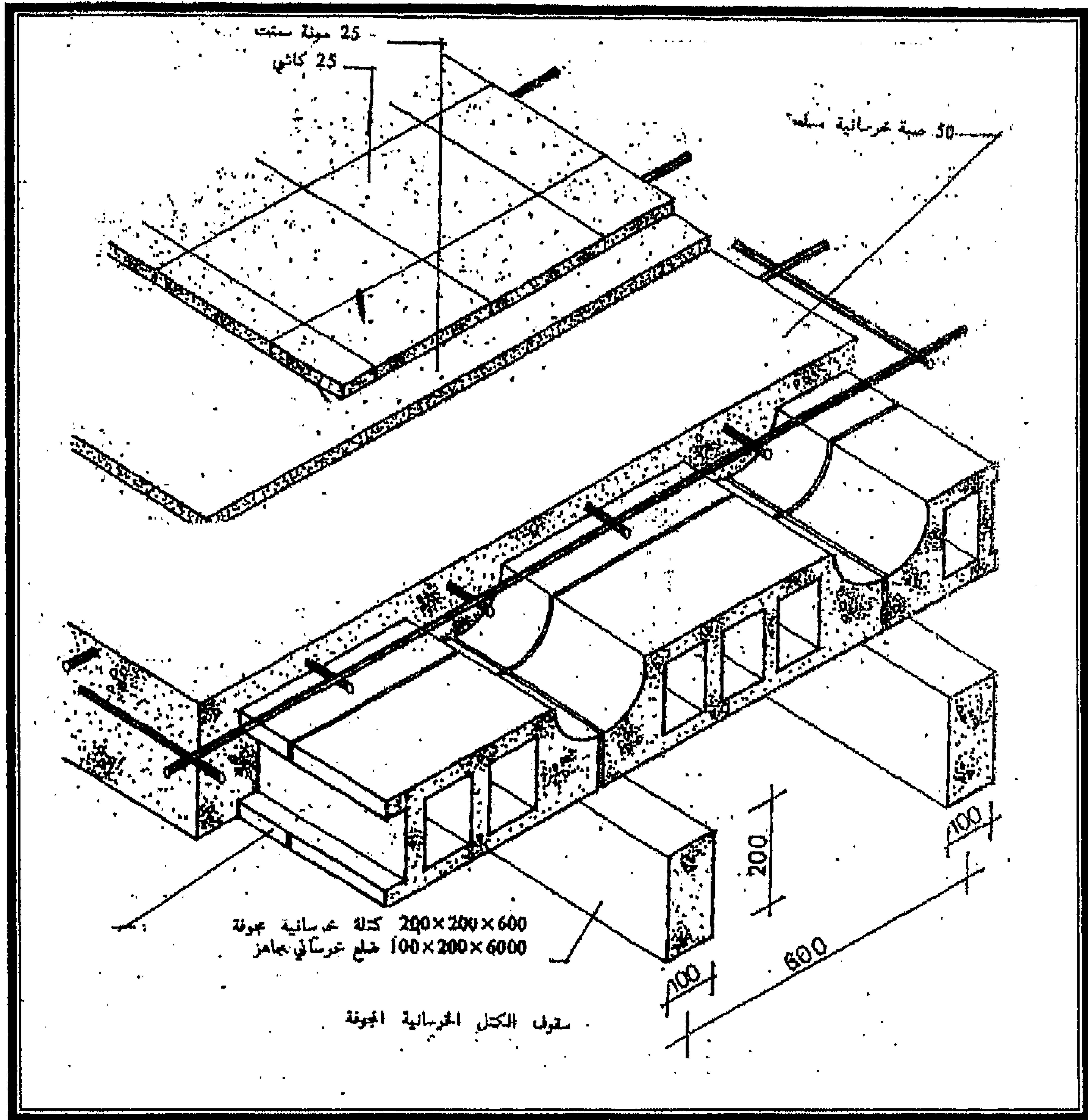
6. **الأسقف:** وتوجد الكتل الخرسانية المخصصة للأسقف بأبعاد مختلفة وأهم ميزاتها أنها عازلة للصوت والحرارة بسبب التجاويف التي تحتويها حيث يتم تركيبها فوق الفراغات المعمارية باستعمال الأضلاع الخرسانية المسلحة مسبقة الصنع التي تكون بأبعاد مختلفة حسب نوع الكتلة المستعملة في السقف.



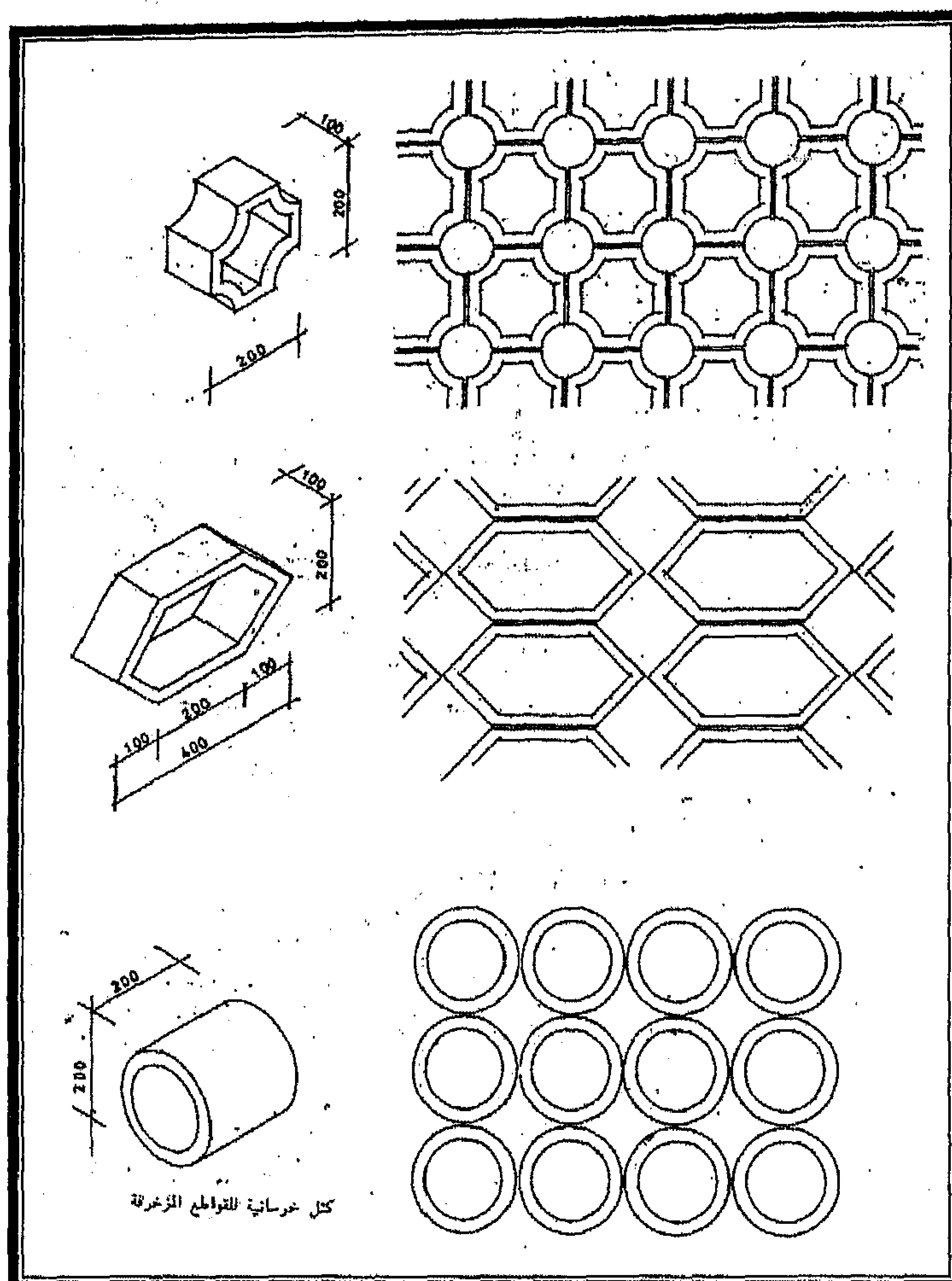
كتل للسقوف 1



كتل للسقوف 2

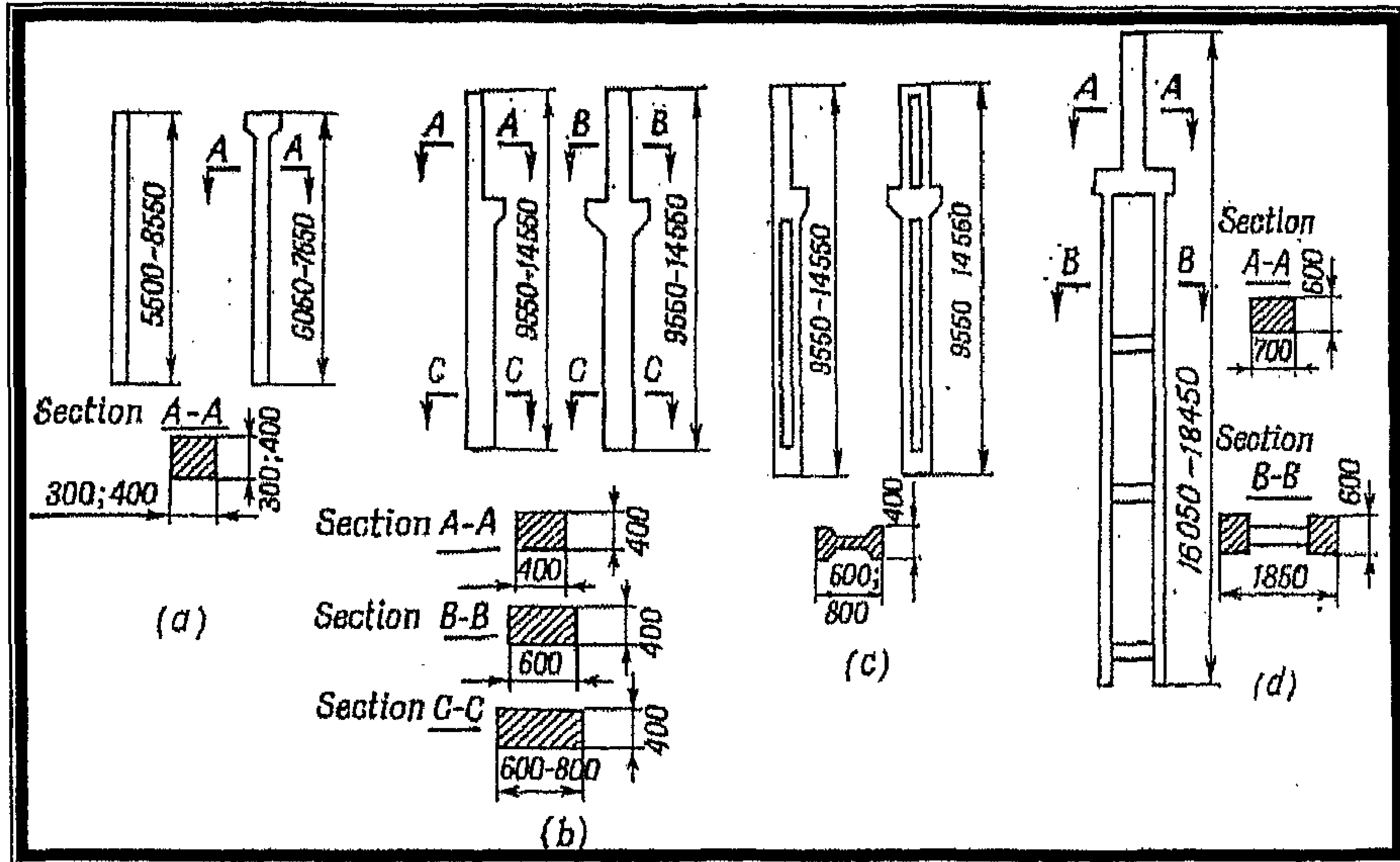


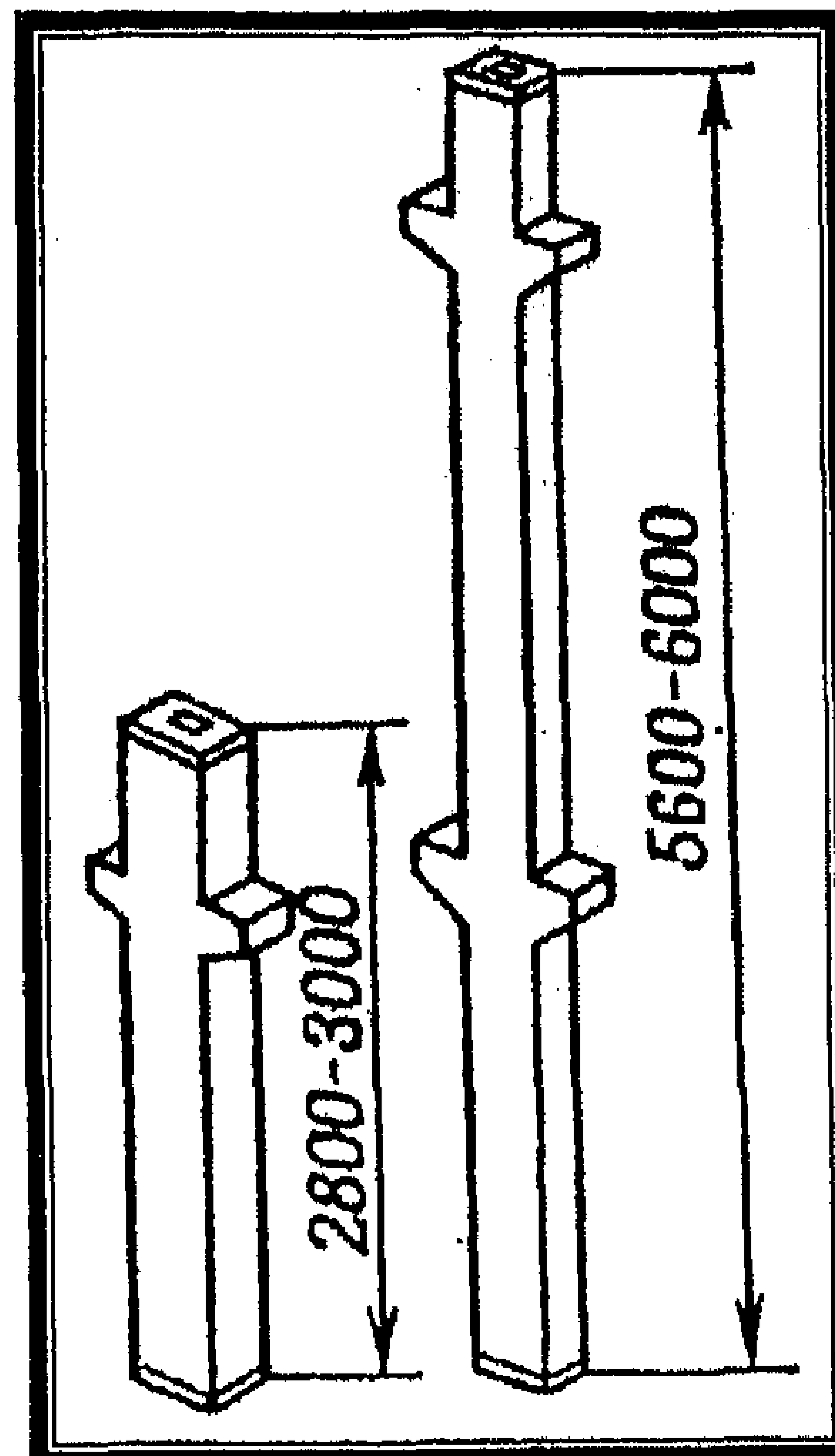
7. **القواطع المزخرفة:** هذه الكتل مجوفة وتنتج بأشكال وأحجام كثيرة وألوان مختلفة وتستعمل في بناء القواطع الداخلية والخارجية ولا تحجز الفراغات حجزاً كلياً. وتستخدم كقواطع أمام الشبابيك في واجهات الأبنية المختلفة وتقوم بكسر أشعة الشمس ومنعها من الدخول مباشرة.

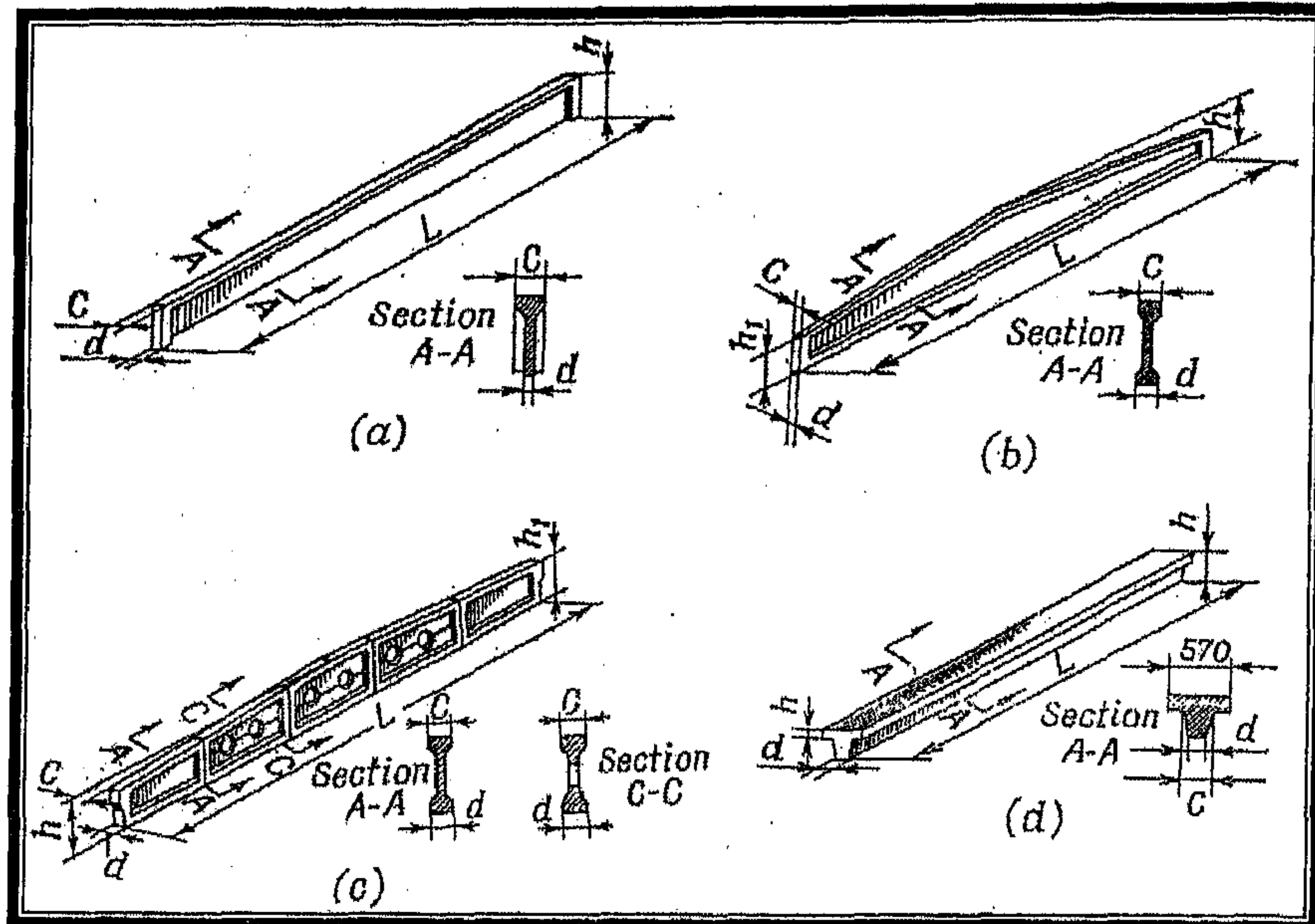


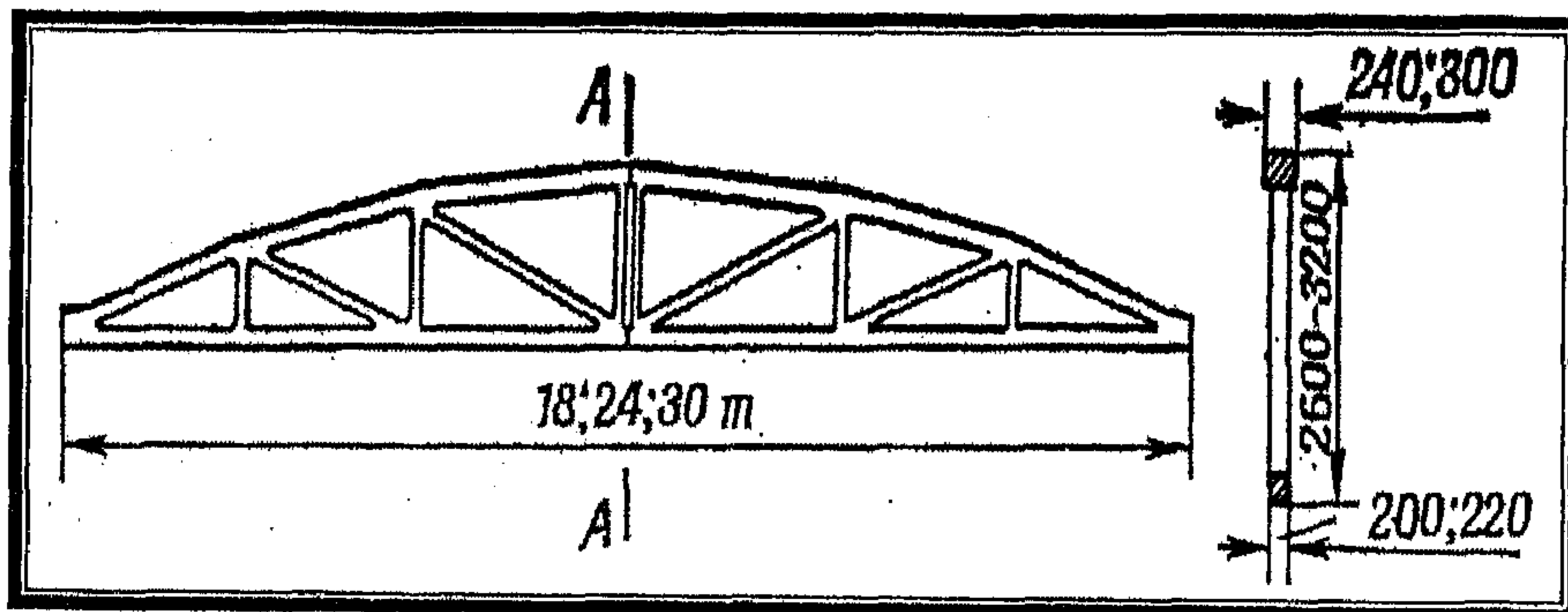
قواطع مزخرفة

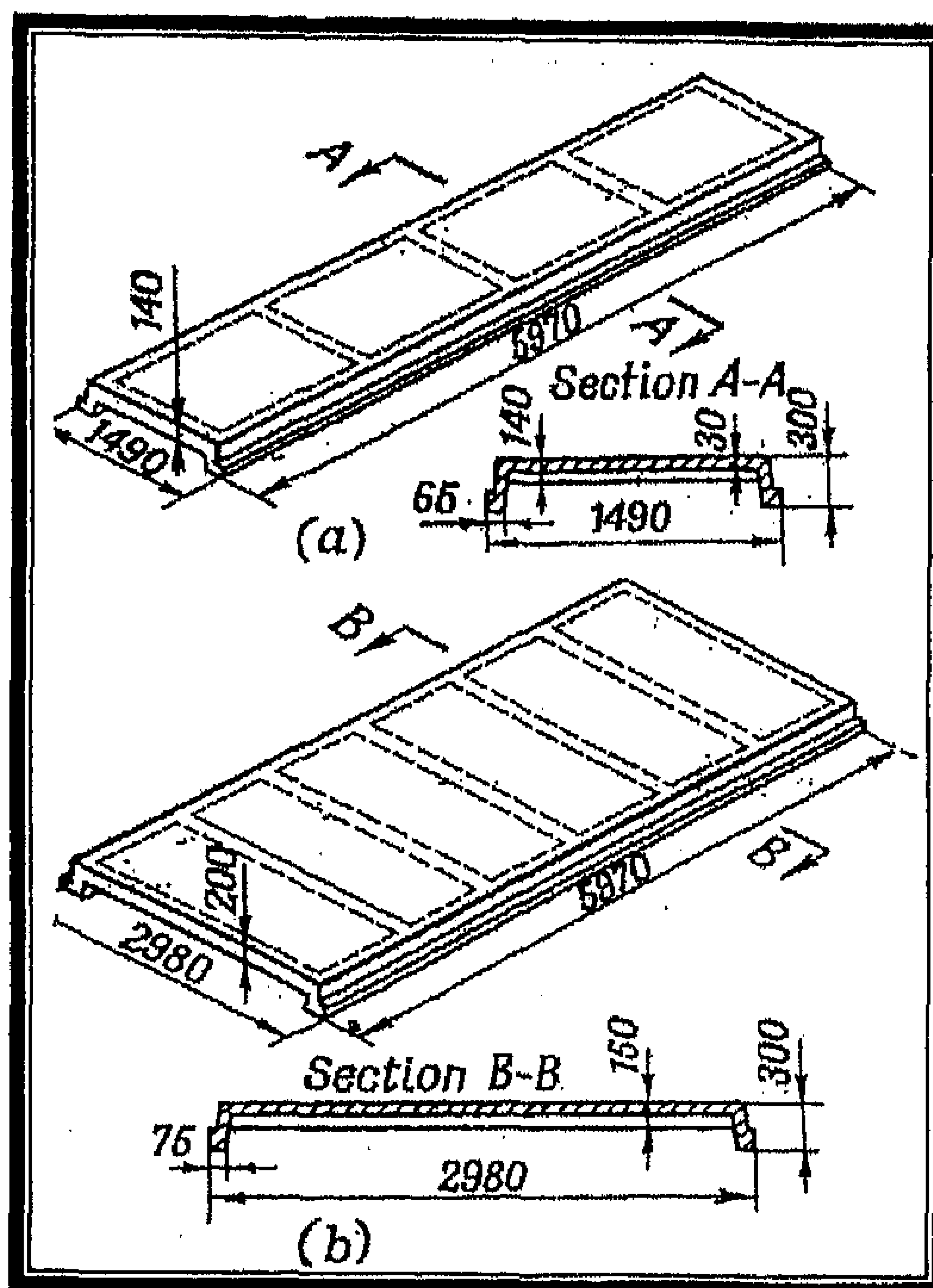
ملحق خاص بأشكال وقواطع الكتل الخرسانية مسبقة الصب:

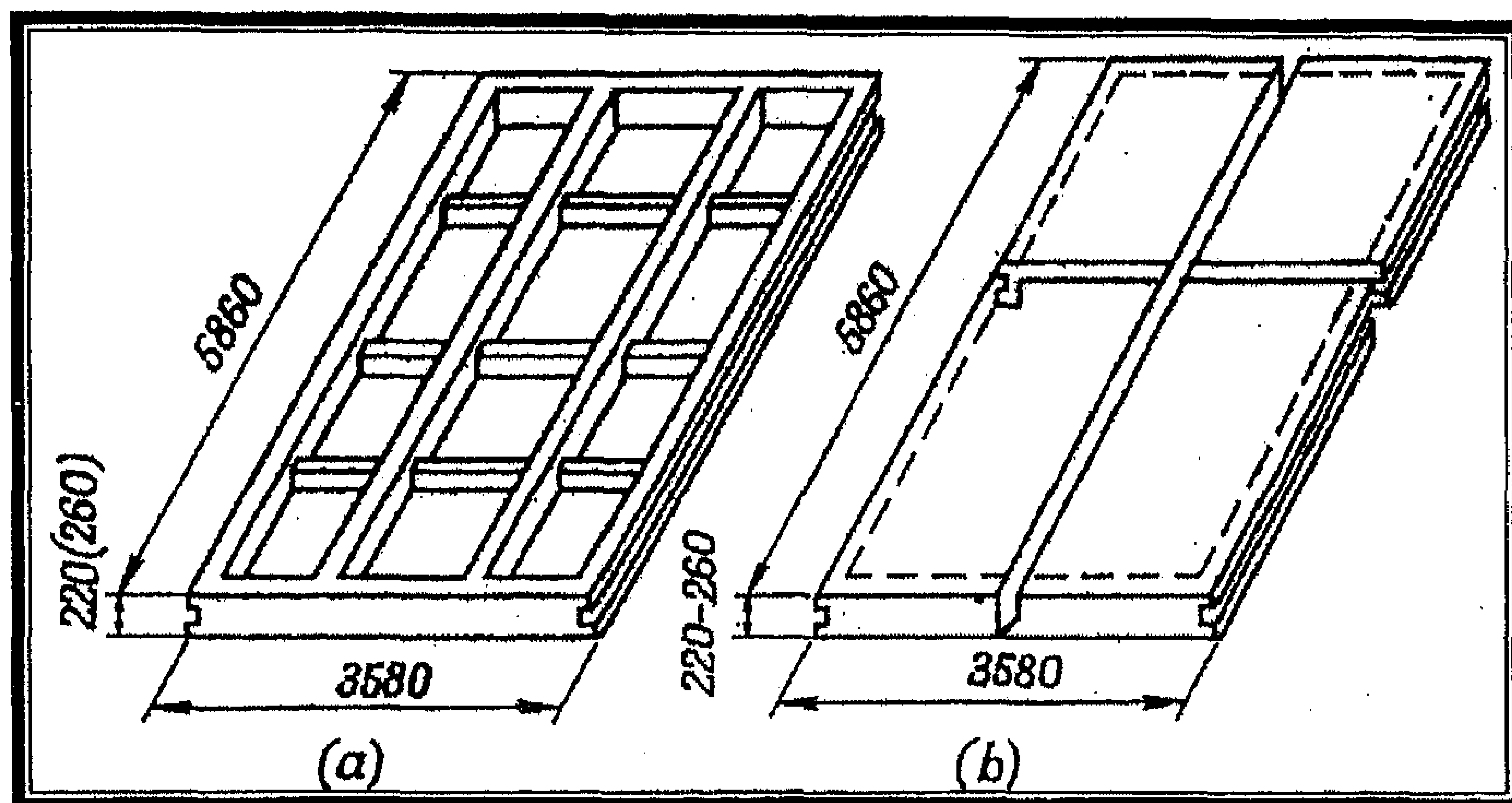


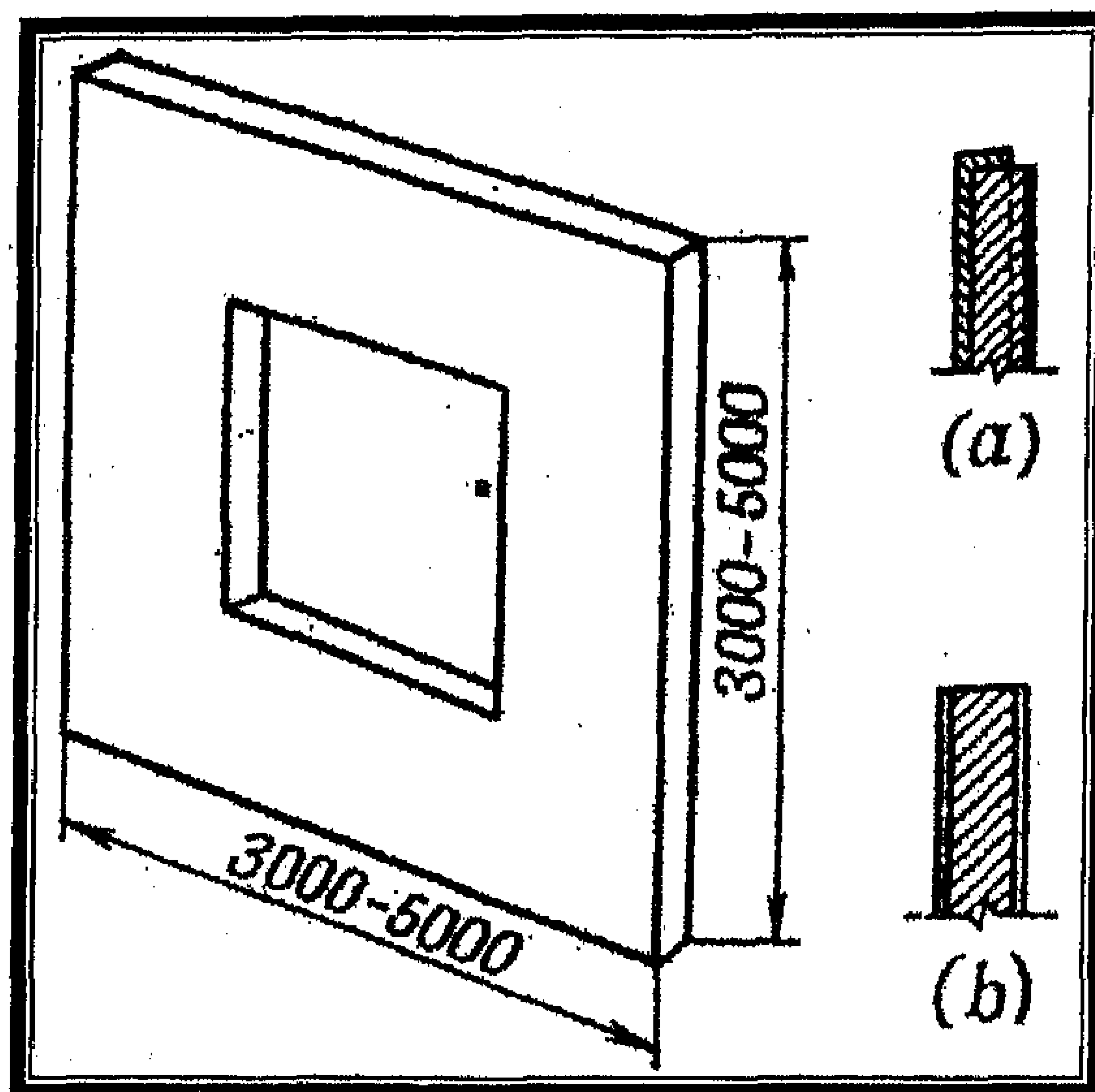


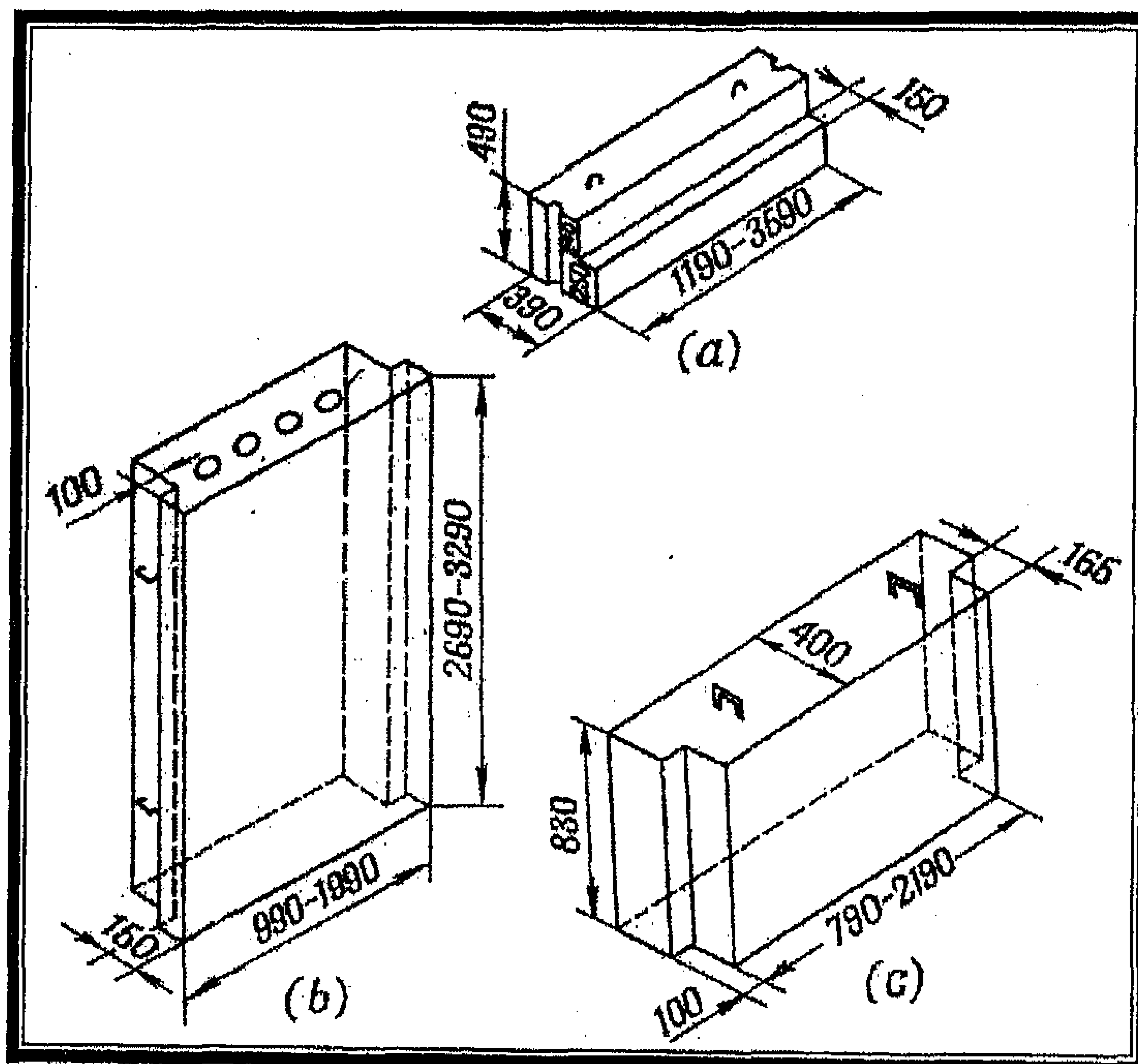

Section
A-A
(a)
Section
A-A
(b)
Section
A-A
Section
C-C
(c)
570
Section
A-A
(d)


240;300
18;24;30 m
2600-3200
200;220


A
A
140
5970
1490
Section A-A
140
30
300
65
1490
(a)
B
B
200
5970
2980
Section B-B
150
300
75
2980
(b)


5860
220(260)
3580
(a)
5860
220-260
3580
(b)


3000-5000
3000-5000
(a)
(b)


490
150
1190-3690
390
(a)
100
2690-3290
150
990-1990
(b)
165
400
830
790-2190
100
(c)

أنواع قوالب صب الخرسانة العادية أو الخرسانة المسلحة:

يوجد العديد من أنواع القوالب المستخدمة في هذا النوع من الخرسانة ولكنها لا تخرج عن الأقسام التالية:

1. قوالب متحركة: لها جوانب وقاعدة من نفس نوع المادة أو قوالب ذات جوانب تستند على قاعدة صلبة ثابتة من الخرسانة أو الألواح مستوية وقوية.
2. قوالب غير متحركة: ممكن إمالتها أو إزاحتها (قطعة واحدة).
3. قوالب صب ثابتة غير متحركة.

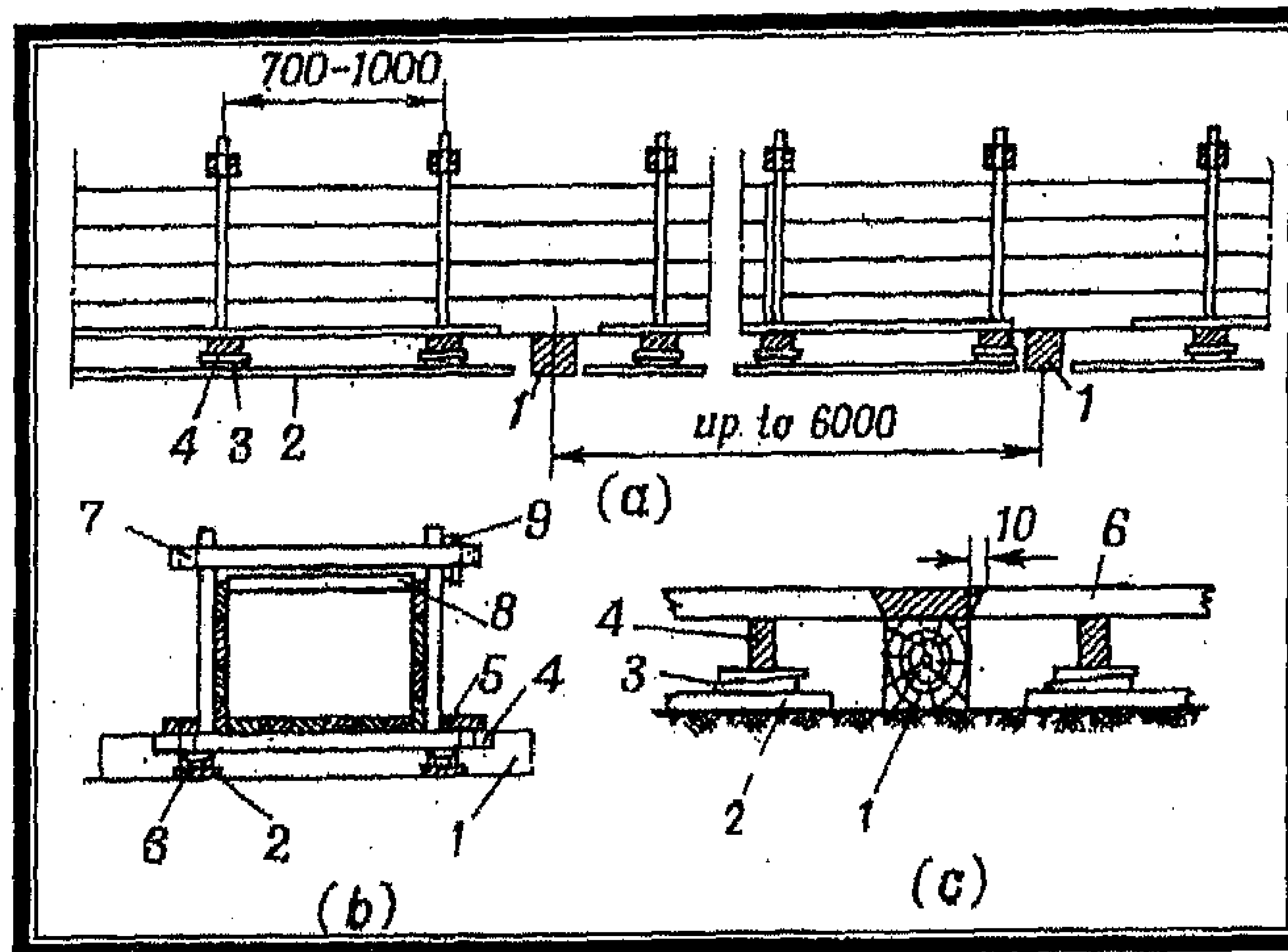
تستخدم القوالب المتحركة لصب العناصر الخرسانية او غيرها آياً كان لكنها أكثر ملائمة لصب العناصر الكبيرة.

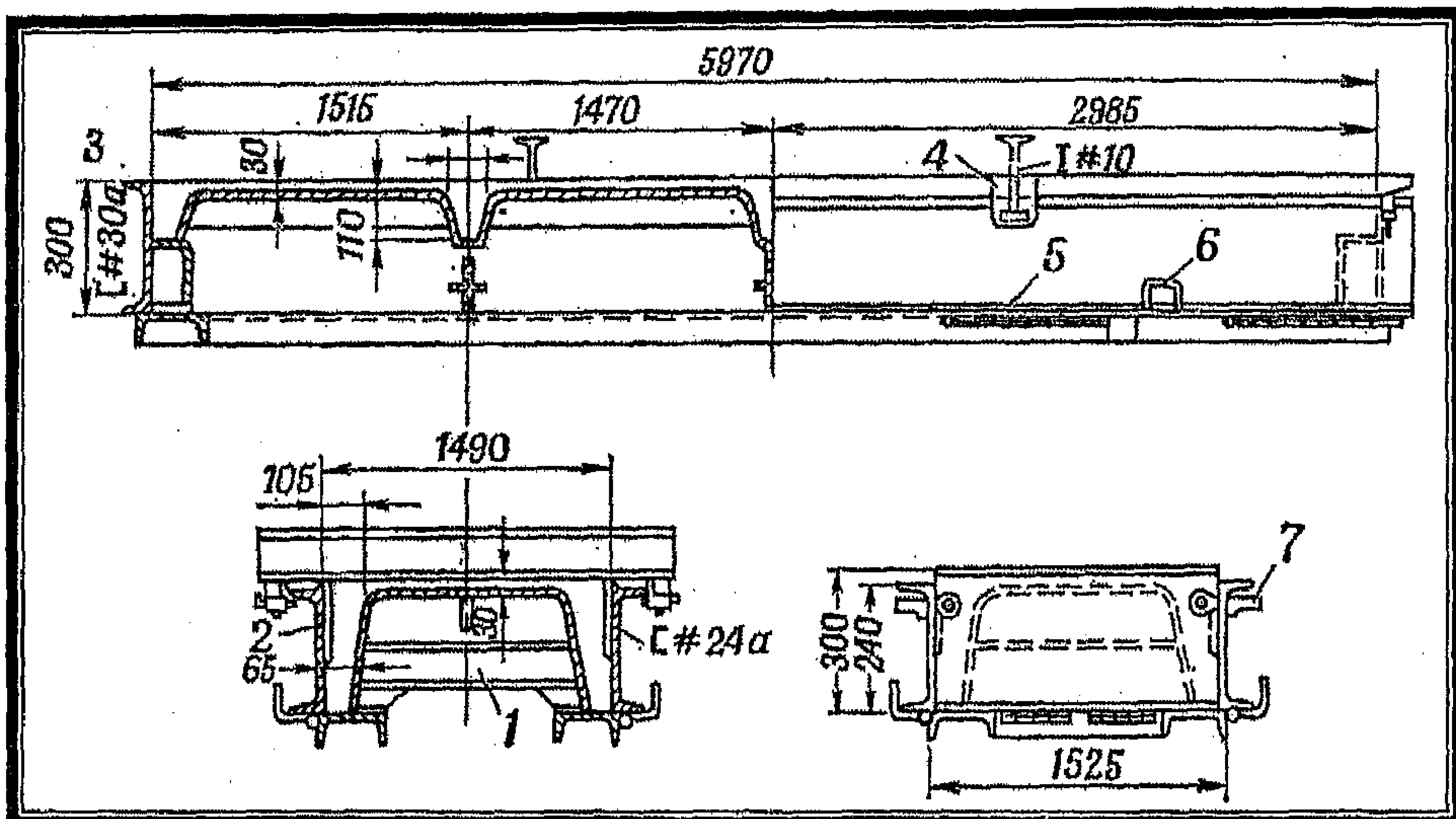
القوالب غير المتحركة تستخدم غالباً لصب عناصر أنشائية صغيرة لأشكال بسيطة. قوالب الصب الثابتة غير المتحركة تستخدم لصب العناصر الضخمة المعقدة وبأعداد كبيرة.

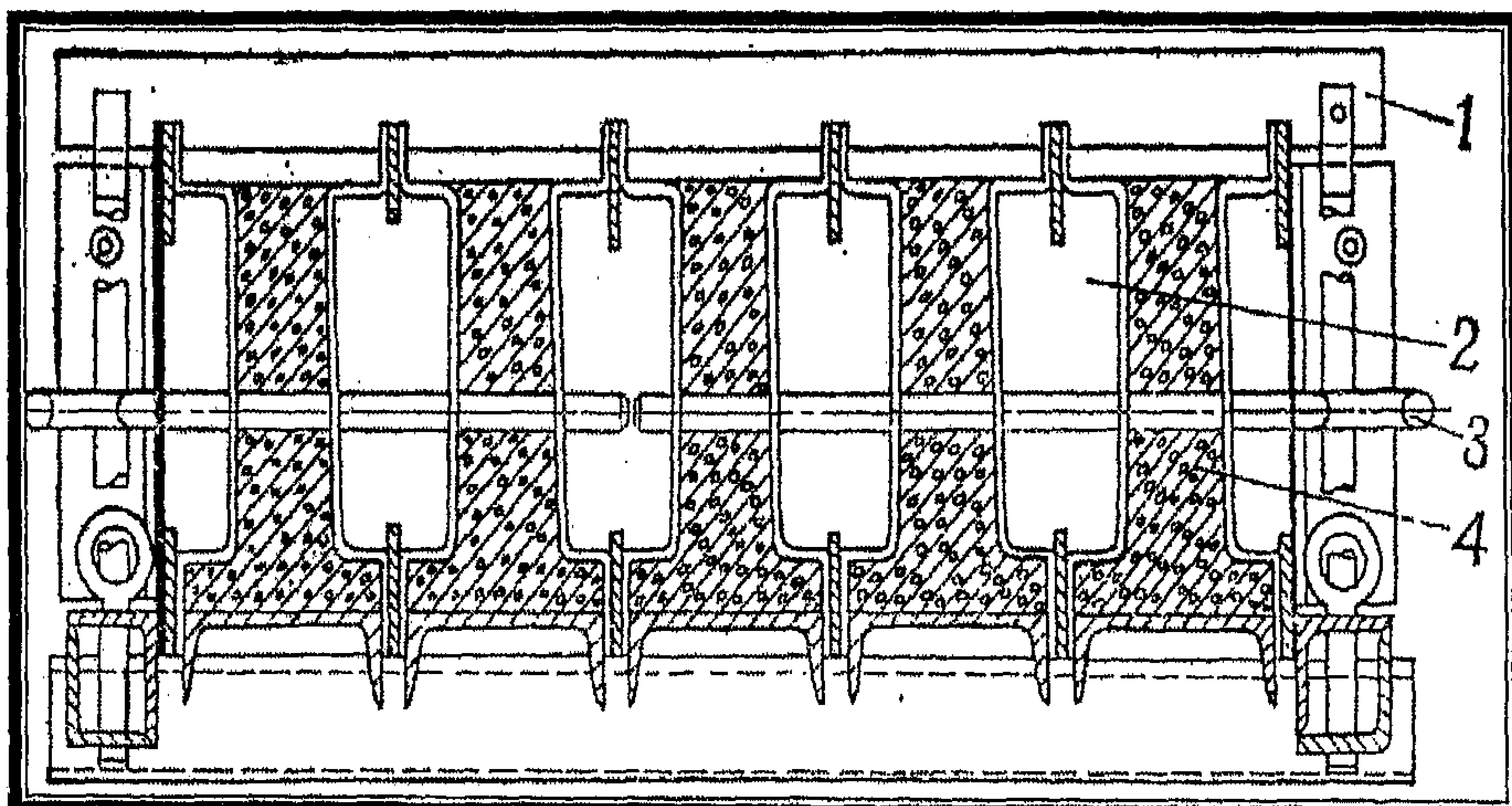
وتصنع هذه القوالب من مادتي الحديد والخشب، واستخدامها يعتمد على عدد المرات التي يحتاجها العمل ونوع مادة القالب فالقالب الخشبي يبلغ متوسط استخداماته من نوع القالب المتحرك من (5 – 15) مرة للعناصر الإنشائية الكبيرة، ومن (15 – 20) مرة للعناصر الإنشائية الصغيرة.

أما النوع الذي من الممكن إمالته ومصنوع من الخشب الذي يتجاوز حجمه (0.5م^3)، والذي يقتصر حجمه على أقل من (0.5م^3)، فيمكن استخدامه ما بين (500 – 800)، مرة على الترتيب أما القوالب الحديدية فيمكن استخدامها (30) مرة قبل إجراء عملية صيانة دورية لها وإذا استخدمت أكثر من (300) مرة فيجري لها صيانة جذرية.

ويفضل أن تدهن هذه القوالب جميعها وبأنواعها بمادة الزيت حتى تسهل فكها قبل وضع حديد التسليح فيها، والأشكال التالية توضح أنواع هذه القوالب:


700-1000
4 3 2
1
up to 6000
1
(a)
7
9
8
5 4
6 2 1
(b)
10 6
4
3
2 1
(c)


5970
1515
1470
2985
3
4
I#10
50
300
[#30a
110
5
6
1490
105
2
65
30
[#24a
1
7
300
240
1525


1
2
3
4

معالجة الخرسانة مسبقة الصنيع:

حيث أن تكاليف إنتاج هذه الوحدات الخرسانية عالية فإن من المستحسن ولتجنب مشاكل التخزين أن تكون معالجة هذه الوحدات سريعة، وأسرع هذه الطرق هو استخدام البخار ويتم على مراحل هي:

1. تحضير البخار: ويتم بعد التأكد من أن أماهة الاسمنت قد تمت (Presteaming Period).
2. رفع حرارة البخار: ترفع درجة الحرارة ما بين (5-15)م^5، في الساعة حتى تصل إلى الدرجة النهائية المطلوبة، (Temperature Rise Period)، ويلزم لها (6) ساعات من الوقت.
3. فترة درجة الحرارة القصوى: وفي هذه الفترة تصل حرارة المنتج إلى درجة تسمح بنقل العنصر من مكان التصنيع إلى مكان التخزين (Period at Max Temperature).
4. منع تدفق البخار: يمنع البخار من الدخول إلى عنابر رفع درجة الحرارة ليتشرب المنتج ما تبقى من بخار ورطوبة داخل العنبر وتسمى هذه المرحلة (Soaking Period).

المراجع والمصادر

المراجع العربية:

1. مواد البناء وطرق الإنشاء في المباني: المهندسان توفيق أحمد عبد الجواد/ محمد توفيق عبد الجواد مكتبة الانجلو مصرية.
2. خرسانة مسلحة جديدة/ ترجمة د. محمد علي الأوسي/الجامعة المستنصرية
3. فن البناء المعاصر/د. محمد زكي حواس/عالم الكتب/القاهرة.
4. تكنولوجيا الخرسانة/ابراهيم علي درويش/منشأة المعارف الاسكندرية.
5. الإنشاء المعماري /د. عبد الغني الشهابي مديرية المطبوعات والكتب الجامعية
6. أسس وأساليب ضبط الجودة والسيطرة النوعية للمواد المستخدمة في الإنشاءات (الفحوص المخبرية) د. م زهير محمد سمارة عمان.
7. هندسة الأساسات والجدران الاستنادية/اعداد المهندسان محمد أيمن قتلان وفواز التيناوي .
8. تكنولوجيا الخرسانة /م. أحمد حسين أبو عودة/مكتبة المجتمع العربي.
9. مواد الخرسانة المسلحة وصناعتها ج1. أ. د عبد الكريم عطا ، أ. د أحمد العريان /عالم الكتاب القاهرة.
10. الخرسانة م. عماد محمد حمادة.
11. الإضافات الخرسانية م. جديع محسن البصري.
12. الخرسانة المسلحة م. معمر جميزي وآخرون.
13. حساب الخرسانة المسلحة في الحدود القصوى/منتدى تكنولوجيا البناء ومواد البناء.

المراجع الأجنبية:

1. Properties of concrete, A, M Neville, Pitman & sons L. t. d London.
2. Concrete Micro- Structure Properties and Materials. P. Kumar Mehta. & others.

الموسوعات:

1. المعرفة: الموسوعة الحرة وجمع المحتوى العربي.
2. ويكيبيديا: الموسوعة الحرة.

المنتديات:

1. مدونة المعماري القرن 21.
2. منتديات شبكة الفيس بوك العربية.
3. منتدى المهندسين العرب.
4. منتديات التعليم الجامعي العالي.
5. منتديات الهندسة نت.
6. منتدى ضي القناديل.
7. منتديات المهندس المسلم.
8. منتدى الهندسة المدنية في سوريا.
9. منتدى جديد في جديد.
10. منتديات ستار تايمز.

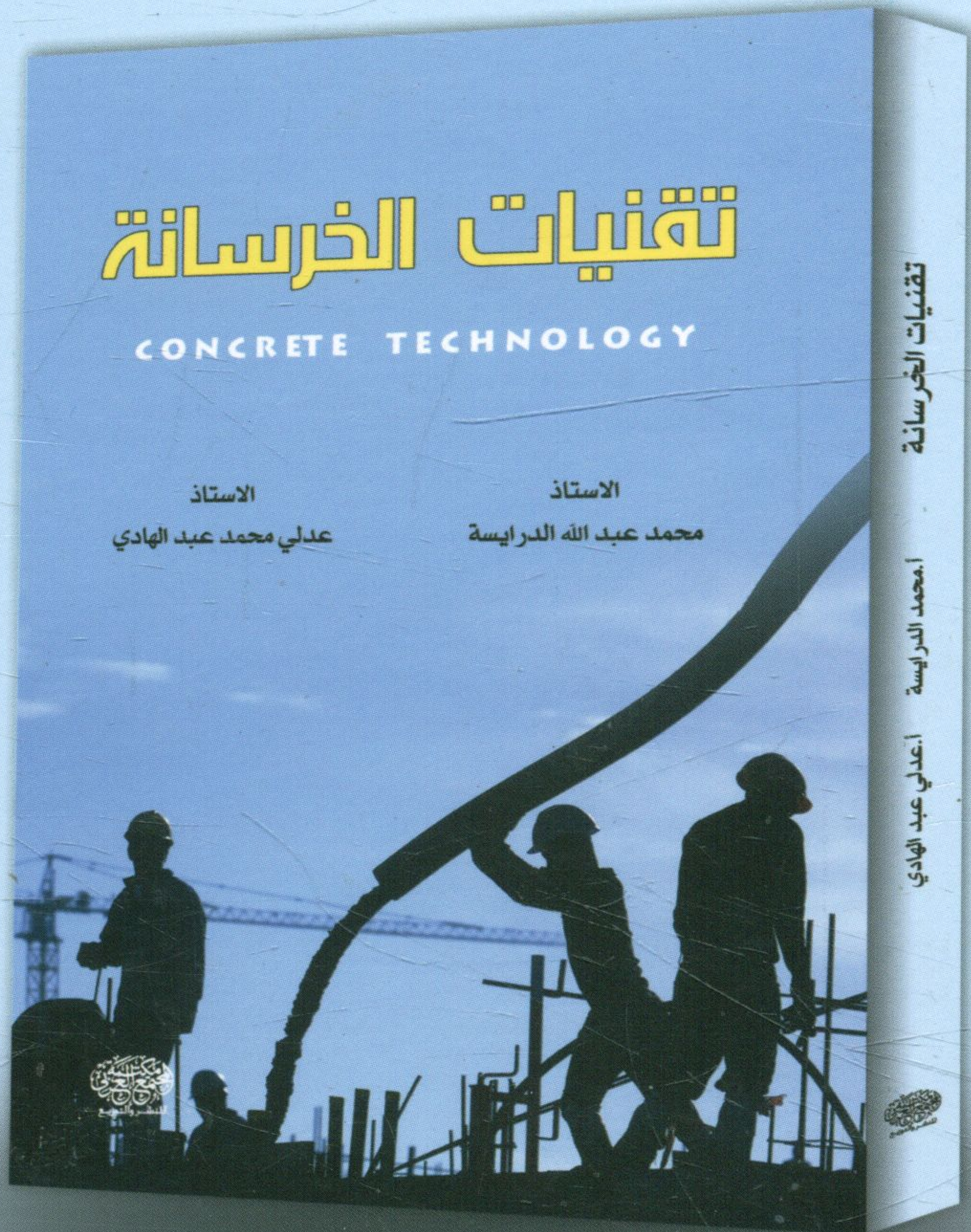
المواقع الأكترونية:

http://ar.wikipedia.org/wiki

http://oggosoft.com/vb/forumdisplay.php?f=6

http://oggosoft.com/vb/showthread.php?t=163

تقنيات الخرسانة







مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع

الأردن-عمان -وسط البلد- ش. السلط - مجمع الفحيص التجاري- تلفاكس : 2739 463 6 962+
خلوي:5651920 79 962+ ص.ب 8244 الرمز البريدي 11121 جبل الحسين الشرقي
الأردن - عمان -الجامعة الأردنية -ش. الملكة رانيا العبدالله - مقابل كلية الزراعة - مجمع زهدي حصوة التجاري
www.muj-arabi-pub.com
E-mail:Moj_ pub@hotmail.com